

- 1 -

明 細 書

スラリー状半凝固金属の成形

技術分野

本発明は、アルミニウム合金等のスラリー状半凝固金属を用いたダイカスト成形品の製造に関する。

背景技術

アルミニウム合金などの金属の溶湯をダイカスト成形する技術は、現在広く用いられており、最近では、金型の寿命向上やダイカスト成形品の寸法精度向上に適するとされる固液共存状態のスラリー状の半凝固金属を用いたダイカスト法が注目されている。

半凝固金属を用いるダイカスト法では、溶湯合金の固液の割合を表す固相率の管理が重要となる。この固相率の管理に係る発明では、例えば、半凝固金属の変態点までは温度管理で、変態点から一定時間は攪拌して冷却する時間管理を行うことで、目標固相率を得ようとする方法が、例えば、特開 2002-153945 公報において知られている。

図 35 は、特開 2002-153945 公報に記載された目標固相率を得る方法をフローチャートで示している。

まず、制御開始時間 T_s をインプットする。次に容器に満たした半凝固金属を攪拌しながら冷却を開始し、熱電対で計測した半凝固金属温度を読み込む。

ここで、冷却開始からの経過時間を T_{ime} とし、この経過時間 T_{ime} が時間 T_s に達するまで攪拌冷却を継続し、半凝固金属温度の読み込みを続ける。経過時間 T_{ime} が時間 T_s に達したら次の S T O 5 に進む。

S T O 5 は冷却カーブから変態点 P_t を推定する。S T O 6 は変態点 P_t に対応する冷却時間 T_f 、即ち、変態点 P_t から目標固相率になるまでの冷却時間を求める。S T O 7 は変態点 P_t 後の冷却時間が T_f に達したら攪拌冷却を終了し、速やかにダイカストを開始する。

図 36 は、特開 2002-153945 公報に記載された目標固相率を得る

- 2 -

方法をグラフで示したものであり、図35のSTO7を補足するものでもある。半凝固金属の変態点 P_t から冷却時間 T_f だけ攪拌すれば、目標固相率にすることができるといものである。

上記した特開2002-153945公報では、変態点の前後で冷却速度が変化しないことを前提としている。

しかし、一般に金属は変態点の前後で物性が異なり、必然的に変態点以前の冷却速度と変態点以降での冷却速度に差が生じる。

この差が、目標固相率と実際の固相率との差となって現れ、結果として、固相率の管理精度が低下する。

近年、鑄造技術の高度化要求に伴って、半凝固金属を対象とした固相率の管理精度をより高めることが必要となった。そこで、従来の時間による固相率の管理に代わる管理技術が望まれる。

また、従来、このようなダイカスト成形による金属成形品の製造ラインとして、所定量の溶湯を収納可能な容器と、容器内の溶湯を冷却しつつ攪拌して半凝固金属を生成する半凝固金属生成装置と、半凝固金属を素材として金属成形品を成形する成形機と、半凝固金属生成装置から成形機に容器を搬送して、容器内の半凝固金属を成形機に投入する多関節型ロボットから成る搬送装置と、成形機への半凝固金属の投入で空になった容器に対し所定の復元処理を施す容器復元装置とを備えるものが、例えば、特開2001-170765号公報において知られている。

この技術において容器復元装置は、容器内へのエアの吹き付けで、容器を冷却しつつ容器内の付着金属を除去するエアブロー手段と、容器内に離型剤を塗布するコーティング手段とを備えている。

また、容器復元装置に、エアブロー手段とコーティング手段とに加えて、エアブロー手段による処理後に容器内をブラシで清掃するブラッシング手段を追加したものが、例えば、特開2002-336946号公報において知られている。

これらの従来の容器復元装置のエアブロー手段は、容器内面に付着残留している半凝固金属を粒状に凝固させて吹き飛ばすように作用するが、半凝固金属が比較的大きな塊で残留していると、これを凝固させて吹き飛ばすことは困難にな

- 3 -

る。そして、半凝固金属が大きな塊のまま残留して凝固した場合には、ブラッシング手段によってもこれを除去できず、容器内に付着金属が残留する頻度が多くなる。そのため、従来は、容器復元装置による復元処理後に容器内の付着金属の有無を目視確認し、付着金属が残留している場合は、容器をライン外に取り出して、付着金属の除去作業を行っている。その結果、ライン外での復元作業を見込んで容器を多めに用意することが必要になり、イニシャルコストの増加を招いている。

また、半凝固金属の生成には、容器の温度管理が重要であり、エアブロー手段で容器を所定温度まで冷却させる必要がある。然し、容器内に半凝固金属が比較的大きな塊で残留していると、容器が冷え難くなり、容器の冷却に時間がかかって、生産性の向上を図る上で問題になる。

そこで、容器内に半凝固金属が比較的大きな塊で残留していても、これを効率良く除去できるようにして、上記の不具合を解消した金属成形品の製造ラインが望まれる。

更に、従来の金属成形品の製造ラインとして、容器内に収納した溶湯に浸漬される冷し金を有する攪拌ヘッドにより溶湯を冷却しつつ攪拌して半凝固金属を生成する半凝固金属生成装置を備え、半凝固金属生成装置から成形機に容器を搬送して、容器内の半凝固金属を成形機に投入するようにしたものが知られている。

ここで、攪拌ヘッドの冷し金には半凝固金属が付着し、そのまま放置して次の半凝固金属の生成を行うと、冷し金に付着して凝固した凝固物が容器内で剥落して半凝固金属の品質低下を生じたり、凝固物が容器等に干渉して設備トラブルを生ずる。そこで、従来、半凝固金属生成装置に隣接して攪拌ヘッド復元装置を配置し、半凝固金属の生成後に攪拌ヘッドに対し所定の復元処理を施すようにしたものが、例えば、特開2002-336946号公報において知られている。この攪拌ヘッド復元装置は、攪拌ヘッドの冷し金を入水させて冷却する冷却手段と、冷し金に離型剤を塗布するコーティング手段とを備えている。冷却手段で冷し金を入水させると、水が突沸し、突沸の勢いで冷し金から付着金属が剥がれ落ちる。

また、攪拌ヘッドに冷し金に加えて粘度測定用の測定子を取り付け、容器内

- 4 -

の溶湯に冷し金と共に測定子を浸漬して、測定子による粘度の測定値が目標値になるように半凝固金属の生成を行うものが提案されている。

このように攪拌ヘッドに測定子を取付けると、測定子にも半凝固金属が付着する。上記した攪拌ヘッド復元装置の冷却手段で冷し金と共に測定子を入水させれば、水の突沸で測定子から付着金属が剥がれ落ちると考えられていたが、実際には、冷し金に比し測定子の熱容量は極めて小さいため、測定子の周囲の突沸の勢いは付着金属が剥がれ落ちる程強くはならず、測定子に付着金属が残留し勝ちになった。また、冷し金が適温に冷却されるまで測定子も入水されたままになり、これでは、熱容量の小さな測定子の温度が下がり過ぎ、次のコーティング工程で塗布する離型剤が乾燥し難くなるといった不具合も生ずる。

そこで、測定子付きの攪拌ヘッドの復元処理に際し、測定子の付着金属を効率良く除去できるようにすると共に、測定子の過度の冷却も防止できるようにした半凝固金属生成装置の攪拌ヘッド復元装置および復元方法が望まれる。

更に、従来、スラリー状の半凝固金属の射出成形技術が、例えば、特開 2 0 0 2 - 3 3 6 9 4 6 公報において知られている。

特開 2 0 0 2 - 3 3 6 9 4 6 公報に記載された技術を次図に基づいて説明する。

図 3 7 は、特開 2 0 0 2 - 3 3 6 9 4 6 公報に記載された技術を示している。なお、以下の S 1 ~ S 1 1 はステップ 1 ~ ステップ 1 1 を示す。

まず、S 1 にて溶湯保持炉からラドルに 1 回分の溶湯の給湯を受ける。

そして、S 2 にてラドルを攪拌ステーションに搬送し、そこで第 1 容器へ移す。

S 3 では攪拌ステーションで第 1 容器中の溶湯を攪拌して、固液共存状態として所望の固相率にする。このとき温度は均一になっている。

次に、S 4 にて第 1 容器を射出成形機構へ搬送する。

一方、S 5 にて射出成形機構では金型の型締めを並行して実施する。

そして、S 6 にて射出スリーブへ第 1 容器から注湯し、S 7 にて金型へ射出を行う。

S 8 にて空になった第 1 容器にエアブローし、S 9 にて第 1 容器内をブラッ

- 5 -

シング処理して綺麗にし、S 1 0にて第 1 容器内にコーティングを施す。

S 1 1にて成形品の製造数が所定数に達していれば、製造を終了する。達していなければ、S 1に戻って生産を継続する。

ところで、半凝固金属は、固相と液相の混合体であるため固相率（＝固相／（液相＋固相）％）の管理が重要となる。固相率が異なると得られる成形品の品質が変化するからである。

図 3 7 の S 3 で、第 1 容器内の溶湯を冷し金で攪拌するが、この攪拌に伴う奪熱作用により冷却が進行し、溶湯の粘性が高まり、固相率が高まる。

したがって、固相率の管理には溶湯の攪拌が重要となる。

しかし、上記の従来技術で、一定の固相率になるようにして複数個の成形品を得るべく製造を実施したところ、必要な攪拌時間は、大きくばらついた。

攪拌時間が極端に長いと、射出成形機構を待たせる時間が長くなりすぎるので、生産性が低下する。また、攪拌時間が極端に短いと射出成形機構が間に合わなくなるため、循環させる容器の数を制限する必要がある、生産性が低下する。

すなわち、複数個の容器を適正に循環させ、且つ射出成形機構を良好に作動させるためには、攪拌時間のばらつきを少なくする必要がある。

そこで、半凝固金属の射出成形において、溶湯の固相率を一定にするために実施する攪拌時間のばらつきを抑えることができる技術が望まれる。

また、例えば、ダイカスト法を用いて製造するものに、エンジンのシリンダブロックがある。このシリンダブロックには、冷却水路としてのウォータジャケットが設けられており、該ウォータジャケットがシリンダヘッド面に開口しているオープンデッキタイプと、ウォータジャケットが閉塞されているクローズドデッキタイプ及び、ウォータジャケットの一部がシリンダヘッド面に開口しているセミクローズドデッキタイプがある。クローズドデッキタイプ及びセミクローズドデッキタイプのシリンダブロックは、シリンダヘッド面においてシリンダボアとシリンダ外壁部とが接続されていることから高剛性であって、変形が少なく、しかも長寿命である。このクローズドデッキタイプ及びセミクローズドデッキタイプのシリンダブロックは、ウォータジャケットが閉塞している形状であることから鑄造時に該ウォータジャケットに対して永久抜き型を使用することができ

- 6 -

ず、鑄造後に粉碎、除去可能な崩壊性中子、例えば、砂中子が用いられる。

一方、シリンダブロックはエンジンの主要な構成部であり、熱や圧力が加わることから強度的にも重要な部品である。従って、シリンダブロックを鑄造成型する際には鑄巣の発生を抑止することが望ましい。鑄巣を防止する手段の1つとして、鑄造材料にスラリー状の半凝固金属を用いることが挙げられる。半凝固金属は固液共存状態の金属であって、粘度が高いために気体の巻き込みが少なく鑄巣の発生を抑止することができる。

また、関連する従来技術として、特公昭55-19704号公報には、砂中子を備えるキャビティに対して溶湯が完全に充填される直前にピストンを停止することによってサージの発生を抑止するダイカスト方法が記載されている。

特開平9-57415号公報には、溶湯充填時のせきにおける溶湯の速度を通常のダイカスト方法よりも $1/5 \sim 1/50$ とした低速で充填する方法が記載されている。

また、特開平11-104802号公報には、固相部の平均粒径を調整することにより、スラリー状の半凝固金属が中子への差し込みを防止するダイカスト方法が記載されている。

ところで、スラリー状の半凝固金属は液体と固体の間隔的な性質を持ち、液体に比較して粘度が高い。このため、半凝固金属を高速で砂中子に衝突させると、砂中子が破損するおそれがある。特に、ウォータジャケット等を形成するための挟幅の砂中子は高粘度の半凝固金属の衝突時に破損しやすく製品の歩留まりが低下する。砂中子は鑄造後には除去する必要があることから、容易に粉碎されるものであることが好ましく、過度に硬くすることはできない。

鑄造時における砂中子の破損を防止するためには半凝固金属の注入速度を低下させることが考えられるが、注入に長時間を要すると半凝固金属が固化し、又は温度が低下することにより固相率に変化して所望の湯回り性能が得られないおそれがある。また、温度が低下することにより半凝固金属の粘度が一層高くなり、砂中子を破損するおそれもある。

前記特公昭55-19704号公報に記載された方法では、溶湯が砂中子を備えるキャビティ内の容積を完全に充填する直前にピストンを停止させてサージ

- 7 -

の発生を抑止するが、砂中子に衝突する際には溶湯は高速である。通常の溶湯であれば、高速で衝突しても砂中子が破損することはないが、前記のとおり、半凝固金属が高速で衝突する場合には破損のおそれがある。また、前記特開平 9-57415 号公報のように極端に注入速度を低下させると注入時間が長くなり、通常の溶湯では問題ないが、半凝固金属は固化し、又は湯回り性の低下が懸念される。

そこで、鑄造材料に半凝固金属を用いて鑄巣の発生を抑止するとともに、砂中子を破損させることがなく鑄造成型品の歩留まりを向上させることのできるダイカスト方法が望まれる。

発明の開示

本発明は、第 1 の面において、金属成分別にスラリー状の半凝固金属の固相率と粘度との相関を表すマップを準備する工程と、このマップを利用して目標固相率に対応する目標粘度を定める工程と、容器に入れた半凝固金属を冷却しつつその粘度を計測する粘度計測工程と、この粘度が前記目標粘度に到達するまで冷却を実施する工程と、から成り、これら工程群を半凝固金属の固相率と粘度との相関を表すマップの準備から半凝固金属の冷却終了までの間に実施することで半凝固金属の固相率を目標固相率に合致させる半凝固金属の固相率管理方法を提供する。

半凝固金属を冷却する過程で、その粘度を検出し、この粘度により、半凝固金属の固相率を管理する。粘度を検出するため、冷却速度の変化や時間の影響を排除することができ、従来の時間による管理より、大幅に半凝固金属の固相率の管理精度を高めることができる。

本発明は、第 2 の面において、容器に入れたスラリー状の半凝固金属を攪拌する攪拌手段と、下部を半凝固金属に差込む片持ち梁状の測定子と、この測定子を水平方向に移動させる測定子移動手段と、この測定子が前記半凝固金属から受ける力を計測するロードセルと、このロードセルで検出した力から半凝固金属の粘度を換算する換算手段と、から成る半凝固金属の粘度計測装置を提供する。

半凝固金属の粘度計測装置を、攪拌手段と、片持ち梁状の測定子と、測定子移動手段と、ロードセルと、換算手段とで構成した。いずれも、入手が容易で簡

- 8 -

便な手段若しくは部品であり、粘度計測装置の低コスト化並びにコンパクト化が容易に達成できる。

本発明は、第3の面において、所定量の溶湯を収納可能な容器と、容器内の溶湯を冷却しつつ攪拌して半凝固金属を生成する半凝固金属生成装置と、半凝固金属を素材として金属成形品を成形する成形機と、半凝固金属生成装置から成形機に容器を搬送して、容器内の半凝固金属を成形機に投入する搬送装置と、成形機への半凝固金属の投入で空になった容器に対し所定の復元処理を施す容器復元装置と、から成る金属成形品の製造ラインであって、容器復元装置が、容器内にエアを吹き付けることにより、容器を冷却しつつ容器内の付着金属を除去するエアブロー手段と、容器内に離型剤を塗布するコーティング手段とを備える、金属成形品の製造ラインにおいて、容器復元装置は、エアブロー手段による処理前に、容器内に付着している半凝固金属を削ぎ取る搔削手段を更に備える、金属成形品製造ラインを提供する。

上記構成によれば、成形機への半凝固金属の投入後に容器内に半凝固金属が比較的大きな塊で残留していても、この塊は搔削手段により削ぎ取られる。そのため、エアブロー手段による処理を行うときには、容器内に半凝固金属が大きな塊のまま残存していることはなく、エアブロー手段により容器内の付着金属が効率良く除去される。従って、復元処理後に容器内に付着金属が残留する頻度、即ち、ライン外で容器の復元作業を行う頻度は可及的に低くなる。その結果、容器を左程多く用意しなくても済み、インシャルコストの削減を図ることができる。また、容器内の半凝固金属の大きな塊の影響で容器が冷え難くなることも防止されるため、エアブロー手段により容器が効率良く冷却される。従って、容器の冷却時間が短縮され、生産性も向上する。

搔削手段として、スクレーパを取り付けたロボットを用いることも考えられるが、これではコストが高くなる。ここで、搬送装置を従来と同様に多関節型のロボットで構成すれば、定位置に据え付けられたスクレーパで搔削手段を構成しても、成形機への半凝固金属の投入で空になった容器を搬送装置用のロボットに把持させたままスクレーパに対し相対移動させて、容器内に付着している半凝固金属を削ぎ取ることができる。これによれば、搔削手段の構成を簡素化してコス

トダウンを図ることができる。

また、成形機に半凝固金属を投入する際や掻削手段で容器内の半凝固金属を掻き出す際に、容器の口元に半凝固金属が付着し勝ちであり、このままでは容器の口元で半凝固金属が凝固し、成形機への半凝固金属の投入に際し、容器の口元から凝固金属が剥落して成形機に混入し、成形不良を生ずる可能性がある。この場合、スクレーパを、前記容器の内面に接触可能な平板状の第1のへら部と、容器の口元に接触可能な略し字状の第2のへら部とを有するものとし、第1のへら部を容器の内面に接触させた状態で容器を相対移動させて、容器の内面に付着している半凝固金属を削ぎ取った後、容器の口元を第2のへら部に接触させた状態で容器を相対移動させて、容器の口元に付着している半凝固金属を削ぎ取るようにすれば、半凝固金属が容器の口元に付着したまま凝固することを防止でき、有利である。

また、容器復元装置が、エアブロー手段による処理後に容器内をブラシで清掃するブラッシング手段を備える場合、本発明での確率は低いものの、容器内に所定の大きさ以上の付着金属が残存していると、ブラシの折損を生ずるおそれがある。従って、エアブロー手段により処理された容器内に所定の大きさ以上の付着金属が残存しているときにこれを検出する検出手段を設け、検出手段で所定の大きさ以上の付着金属の残存が検出されないときに、ブラッシング手段による処理を行い、ブラシの折損を防止することが望ましい。

本発明は、第4の面において、容器内に収納した溶湯に浸漬される冷し金と粘度測定用の測定子とを有する攪拌手段により溶湯を冷却しつつ攪拌して半凝固金属を生成する半凝固金属生成装置の攪拌手段に対し、半凝固金属の生成後に所定の復元処理を施す攪拌手段の復元装置であって、攪拌手段の冷し金と測定子とを入水させて冷却する冷却手段と、冷し金と測定子とに離型剤を塗布するコーティング手段とを備える復元装置において、復元装置は、更に、冷却手段による処理前に、測定子に付着している半凝固金属を削ぎ取る掻削手段を備え、冷却手段は、測定子を受け入れる水が浸入しない隔房を有し、冷し金のみを入水させる第1の入水部と、少なくとも測定子を入水させる第2の入水部とを備える半凝固金属生成装置の攪拌手段復元装置を提供する。

- 10 -

本発明は、第５の面において、容器内に収納した溶湯に浸漬される冷し金と粘度測定用の測定子とを備える攪拌手段により溶湯を冷却しつつ攪拌して半凝固金属を生成する半凝固金属生成装置の攪拌手段に対し、半凝固金属の生成後に行う攪拌手段の復元方法であって、攪拌手段の冷し金と測定子とを入水させて冷却する冷却工程と、冷却工程後に冷し金と測定子とに離型剤を塗布するコーティング工程とから成る攪拌手段復元方法において、冷却工程前に、測定子に付着している半凝固金属を削ぎ取る搔削工程を含み、冷却工程は、冷し金のみを入水させる第１の入水工程と、少なくとも測定子を入水させる第２の入水工程とから成り、第２の入水工程の処理時間は第１の入水工程の処理時間よりも短く設定される、半凝固金属生成装置の攪拌手段復元方法を提供する。

上記構成により、半凝固金属の生成直後に測定子に付着している半凝固金属の大部分は搔削手段(搔削工程)で削ぎ取られる。但し、測定子に付着している半凝固金属を搔削手段で完全に除去することは困難であり、測定子に薄い膜状に半凝固金属が残ることがある。

ここで、測定子を第２の入水部(第２の入水工程)で入水したとき、測定子に残留する薄膜状の半凝固金属は水の突沸の勢いが左程強くなくても容易に剥がれ落ちる。従って、測定子の付着金属が効率良く除去される。また、第１の入水部(第１の入水工程)では冷し金のみが冷却されるため、第１の入水工程での処理時間を冷し金が所定温度に冷却されるのに必要な時間に設定しても、測定子が過度に冷却されることはない。そして、第２の入水部(第２の入水工程)で測定子が所定温度に冷却されるように、第２の入水工程での処理時間を短く設定しておくことにより、測定子を適切に冷却でき、コーティング手段(コーティング工程)で測定子に塗布される離型剤が乾燥しにくくなるといった不具合は生じない。従って、冷し金と測定子とを有する攪拌手段の復元処理を確実に効率良く行うことができる。

本発明者らは、前述の溶湯の攪拌時間のばらつきの要因を調査する中で、図３７のＳ９(ステップ９)でのブラッシング処理に時間差が発生し、そのために大気中へ放出される熱量が時間経過と共に増大し、容器の温度が不安定になることに注目した。すなわち、空の容器に付着している残滓の形態は様々であり、一

- 11 -

回で簡単にクリーニングできるものと、複数回のクリーニングを要するものとが出現する。

そこで、クリーニングやコーティングを実施した後に、冷却を行い、冷却後の温度を一定にすることで容器の温度を一定にすることが有益であると考えに至った。

さらに発明者らは、図37のS1（ステップ1）で、溶湯保持炉から供給される溶湯の温度が変化することにも注目した。

アルミ溶解炉から供給される溶湯の温度にばらつきがあり、この温度のばらつきが溶湯保持炉に影響し、溶湯保持炉から供給される溶湯の温度もばらつく。

容器の温度が一定であって溶湯の温度にばらつきがあれば、攪拌時間のばらつきとなって現れる。

溶湯保持炉から供給する溶湯の温度を一定にするには、溶湯保持炉に高性能の温度制御機構を設けることが考えられるが、技術的及びコスト的に実現は難しい。

すなわち、溶湯保持炉から供給される溶湯の変動を吸収することができる技術が求められる。

そこで、本発明者らは溶湯保持炉の温度が高ければ、容器の冷却時間を延長し、同温度が低ければ、容器の冷却時間を短縮するごとくに、溶湯保持炉の温度の影響を容器の温度に転嫁することを思いついた。

そして、空の容器の温度と溶湯保持炉の温度との両方を考慮して、溶湯温度の冷却時間を決定するようにしたところ、攪拌時間のばらつき幅を大幅に減少させることに成功した。以上の知見から発明をまとめると次のとおりになる。

本発明は、第6の面において、射出成形機構へスラリー状の半凝固金属を注湯して空になった容器を、次の注湯に備えて所定時間冷却し、この冷却した容器へ溶湯保持炉から半凝固金属を供給することを繰り返す半凝固金属の射出成形方法において、空の容器を次の注湯に備えて冷却するときの所定時間は、溶湯保持炉の温度と空の容器の温度とに基づいて決定する半凝固金属の射出成形方法を提供する。

溶湯保持炉の温度が高い場合には所要時間を延ばし、同温度が低い場合には

- 12 -

所要時間を短縮する。併せて、空の容器の温度が高い場合には所要時間を延ばし、同温度が低い場合には所要時間を短縮する。このように、空の容器を、溶湯保持炉の温度と空の容器の温度とに基づいて決定した所要時間で冷却するようにしたので、攪拌時間のばらつきを抑えることができ、半凝固金属の射出成形における生産性を大いに高めることができる。

本発明は、第7の面において、湯口から射出ピストンによりスラリー状の半凝固金属を射出し、湯道及びせきを介して、内部に砂中子が設けられたキャビティに前記半凝固金属を注入することにより鑄造成型品を得るダイカスト方法において、前記半凝固金属の先端部が前記キャビティに注入される以前に、前記射出ピストンを減速して前記半凝固金属の流速を低下させるダイカスト方法を提供する。

このように、半凝固金属を減速させてからキャビティに注入することにより、半凝固金属がキャビティ内の砂中子を破損することを防止できる。また、半凝固金属がキャビティに注入される直前までは高速で短時間に移動させることにより、固化や温度低下による湯回り性の低下を防止できる。

この場合、前記射出ピストンの射出開始位置から前記半凝固金属が前記キャビティに最初に注入される時点における前記射出ピストンの位置までの90～97%の位置において前記射出ピストンを減速させるとよい。このように、半凝固金属がキャビティに最初に注入される時点よりもやや早い時点で射出ピストンを減速することにより、半凝固金属がキャビティに注入されるときには砂中子を破損することのない適切な速度まで減速される。

このダイカスト方法は、半凝固金属を用いることにより、鑄巣の発生が抑止された高品質な鑄造成型品を得ることができ、クローズドデッキタイプ又はセミクローズドデッキタイプであるシリンダブロックのような複雑な形状であって、しかも強度的に重要である部品の鑄造成型品に対して好適に適用される。また、半凝固金属が減速されることにより、砂中子がウォータージャケットのような幅狭形状部に対応するものであっても該砂中子を破損することなく、キャビティ内に適切に充填される。

このダイカスト方法によれば、鑄造材料に半凝固金属を用いて鑄巣の発生を

抑止するとともに、砂中子を破損させることがなく鑄造成型品の歩留まり向上を図ることができる。また、湯口及び湯道部では半凝固金属は高速で短時間に移動するため、固化し、又は温度が低下することによる湯回り性の低下を防止できる。

図面の簡単な説明

- 図 1 は、本発明の実施形態の製造ラインの全体平面図である。
- 図 2 は、粘度計測装置の模式的側面図である。
- 図 3 は、半凝固金属の生成時の攪拌ヘッドの移動軌跡を示す平面図である。
- 図 4 は、成形機への半凝固金属の投入状態を示す斜視図である。
- 図 5 は、容器復元装置を示す斜視図である。
- 図 6 は、容器復元装置の搔削手段の側面図である。
- 図 7 は、搔削手段の平面図である。
- 図 8 は、攪拌ヘッド復元装置を示す斜視図である。
- 図 9 は、攪拌ヘッド復元装置の搔削手段の平面図である。
- 図 10 は、攪拌ヘッド復元装置の冷却手段に設けられた第 1 入水部の断面図である。
- 図 11 は、半凝固金属の時間経過に伴う粘度変化を調べたグラフである。
- 図 12 は、半凝固金属の固相率と粘度との相関を表すグラフである。
- 図 13 は、歪電圧と粘度との相関を表すグラフである。
- 図 14 は、半凝固金属の固相率管理方法を示すフローチャートである。
- 図 15 は、粘度計測装置の別実施例図である。
- 図 16 は、粘度計測装置の更なる別実施例図である。
- 図 17 は、図 16 の 17-17 矢視図である。
- 図 18 は、本発明に係る半凝固金属の射出成形設備のレイアウト図である。
- 図 19 は、ラドルの作用図である。
- 図 20 は、攪拌手段の作用図である。
- 図 21 は、容器の作用図である。
- 図 22 は、空の注湯容器の作用図である。
- 図 23 は、本発明に係る容器の温度－溶湯保持炉の温度－エアブロー時間の相関グラフである。

- 14 -

図 2 4 は、射出までの製造フローチャートである。

図 2 5 は、容器冷却まで製造フローチャートである。

図 2 6 は、溶湯の攪拌時間のばらつきを示すグラフである。

図 2 7 は、鑄造用金型で鑄造成型されるシリンダブロックの概略斜視図である。

図 2 8 は、鑄造用金型で鑄造成型されるシリンダブロックの側面図である。

図 2 9 は、射出ピストンが原点位置に配置されている鑄造用金型を示す側面断面図である。

図 3 0 は、本実施の形態に係るダイカスト方法の手順を示すフローチャートである。

図 3 1 は、射出ピストンが切替位置まで移動された鑄造用金型を示す側面断面図である。

図 3 2 は、射出ピストンが減速位置まで移動された鑄造用金型を示す側面断面図である。

図 3 3 は、射出ピストンの速度及び半凝固金属の平均流速を示すグラフである。

図 3 4 は、射出ピストンが注入位置まで移動された鑄造用金型を示す側面断面図である。

図 3 5 は、従来の半凝固金属の目標固相率を得る方法を示すフローチャートである。

図 3 6 は、従来の半凝固金属の目標固相率を得る方法を示すグラフである。

図 3 7 は、従来の半凝固金属を用いた射出成形方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

図 1 は金属成形品の製造ライン 1 0 を示している。この製造ライン 1 0 は、アルミニウム合金等の熔融金属から成る溶湯を保持する溶湯保持炉 1 1 と、溶湯保持炉 1 1 内から所定量の溶湯を汲み出す溶湯汲み出しロボット 1 2 と、溶湯汲み出しロボット 1 2 により汲み出された溶湯を注湯する平面視矩形の容器 1 3 と、容器 1 3 内の溶湯を冷却しつつ攪拌して半凝固金属を生成する半凝固金属生

- 15 -

成装置 14 と、半凝固金属を素材として金属成形品を成形する成形機 15 と、半凝固金属生成装置 14 から成形機 15 に容器 13 を搬送して、容器 13 内の半凝固金属を成形機 15 に投入する搬送装置としての搬送ロボット 16 とを備えている。更に、製造ライン 10 には、容器 13 に対して復元処理を施す容器復元装置 17 と、半凝固金属生成装置 14 の後記する攪拌手段としての攪拌ヘッド 41 の攪拌ヘッド復元装置 18 とが設けられている。

溶湯汲み出しロボット 12 は、旋回自在なロボット本体 21 と、ロボット本体 21 に対し揺動自在な第 1 ロボットアーム 22 と、第 1 ロボットアーム 22 に対し揺動自在な第 2 ロボットアーム 23 と、第 2 ロボットアーム 23 の先端の 3 軸構造の手首 24 とを有する 6 軸の多関節型ロボットで構成されている。そして、手首 24 の先端にラドル 25 を取り付け、ラドル 25 により溶湯保持炉 11 内の溶湯を汲み出すようにしている。

半凝固金属生成装置 14 は一対に並設されている。各半凝固金属生成装置 14 は、容器 13 の置き台 40 と、容器 13 内の溶湯を攪拌する攪拌ヘッド 41 と、攪拌ヘッド 41 を動かす攪拌ロボット 42 とで構成されている。このロボット 42 は、支柱 420 に昇降自在に支持されるロボット本体 421 と、ロボット本体 421 に対し水平方向に揺動自在な第 1 ロボットアーム 422 と、第 1 ロボットアーム 422 に対し水平方向に揺動自在な第 2 ロボットアーム 423 とを備えており、第 2 ロボットアーム 423 の先端に、攪拌ヘッド 41 が鉛直軸線回りに回転自在に吊持されている。

攪拌ヘッド 41 は、図 2 に示されるように、後で詳述する冷し金移動手段 410 と、冷し金移動手段 410 に垂設した角柱状の一対の冷し金 411、411 と、冷し金移動手段 410 に、両冷し金 411、411 間に位置させて傾動自在に垂設した薄い板状の粘度測定用測定子 412 とを備えている。測定子 412 には、冷し金移動手段 410 に固定のブラケット 413a に取付けたロードセル 413 が連結されている。

図 1 において、半凝固金属の生成に際しては、先ず、置き台 40 上の容器 13 に溶湯汲み出しロボット 12 の動作でラドル 25 内の溶湯を注湯し、次に、攪拌ロボット 42 の動作で、図 2 に示されるように、攪拌ヘッド 41 を容器 13 の

- 16 -

直上位置に移動させて下降させ、冷し金 4 1 1、4 1 1 と測定子 4 1 2 とを容器 1 3 内の溶湯に浸漬する。この状態で、攪拌ヘッド 4 1 を、図 3 に矢印で示されるように、容器 1 3 の形状に合わせて矩形に水平移動させる。これによれば、容器 1 3 内の溶湯が冷し金 4 1 1、4 1 1 により冷却されつつ攪拌され、スラリー状の半凝固金属が生成される。また、攪拌ヘッド 4 1（図 2 参照）の水平移動により、測定子 4 1 2 は半凝固金属 2 7 の粘度に応じた抵抗力を受け、この抵抗力がロードセル 4 1 3（図 2 参照）で検出され、ロードセル 4 1 3 の検出信号に基づいて粘度が測定される。そして、粘度の測定値が所定の目標値になるまで攪拌を行い、所定の固相率の半凝固金属 2 7 を生成する。

尚、半凝固金属 2 7 が生成されるまでには時間がかかるため、図 1 に示されるように、一对の半凝固金属生成装置 1 4、1 4 により交互に半凝固金属 2 7（図 2 参照）の生成作業を行い、半凝固金属 2 7 の生成にかかる時間によりサイクルタイムが長引くことを防止できるようにしている。また、容器 1 3 は鋳造品であって、図 3 に示されるように、その長手方向一端に把手部 3 1 が突設されると共に、他端に、容器復元装置 1 7（図 1 参照）の後記するエアブロー手段 7 2（図 1 参照）の受け枠 7 2 1（図 5 参照）に対する係止用の突起部 3 2 が突設されている。

図 2 に示される参照番号 3 5 は粘度計測装置を示している。粘度計測装置 3 5 は、攪拌手段としての冷し金 4 1 1、4 1 1 と、片持ち梁状の測定子 4 1 2 と、この測定子 4 1 2 を水平方向に移動させる冷し金移動手段 4 1 0 と、測定子 4 1 2 が受ける力を計測するロードセル 4 1 3 と、このロードセル 4 1 3 を固定するブラケット 4 1 3 a と、ロードセル 4 1 3 からの物理量を粘度変換するための力換算手段 4 1 4、粘度換算手段 4 1 5 を備えた力-粘度換算手段 4 1 6 とからなることを特徴とする構成体である。

容器 1 3 に満たされた半凝固金属 2 7 中において、粘度計測装置 3 5 は、冷し金 4 1 1、4 1 1 が移動することと、測定子 4 1 2 が冷し金移動手段 4 1 0 により水平方向に移動することにより、冷し金 4 1 1、4 1 1 や、測定子 4 1 2 が半凝固金属 2 7 から受ける力をロードセル 4 1 3 で例えば歪電圧 V 1 として認知し、その後、力-粘度換算手段 4 1 6 により粘度 B を求める装置である。

- 17 -

図3では、冷し金411、411と測定子412が一体になっているので、冷し金411、411の矩形動作に合わせて測定子412は動くことができる。その結果、測定子412が冷し金移動手段410（図2参照）によって水平方向に動いていても、冷し金411、411と測定子412が半凝固金属27から受ける力はほぼ同じものとしてロードセル413に伝えることができる。

図1に示されるように、成形機15は、金型51と、金型51内のキャビティに連通する射出スリーブ52とを備えている。射出スリーブ52の上面には、図4に示されるように、素材投入口53が開設されており、素材投入口53に投入された半凝固金属27がキャビティに押し込まれて、金属成形品が成形される。

図1に示されるように、搬送ロボット16は、溶湯汲み出しロボット12と同様に、旋回自在なロボット本体61と、ロボット本体61に対し揺動自在な第1ロボットアーム62と、第1ロボットアーム62に対し揺動自在な第2ロボットアーム63と、第2ロボットアーム63の先端の3軸構造の手首64とを有する6軸の多関節型ロボットで構成されている。手首64の先端には、容器13を把持するハンド65が取付けられており、容器13の把手部31をハンド65が把持する。そして、前記一对の半凝固金属生成装置14、14のうち半凝固金属の生成が完了した一方の半凝固金属生成装置14の置き台40上の容器13を搬送ロボット16で把持し、搬送ロボット16の動作で容器13を成形機15の射出スリーブ52の素材投入口53まで搬送して、容器13を傾けることにより容器13内の半凝固金属を素材投入口53に投入する。尚、投入時には、ハンド65の近傍に配置した加振機（図示せず）により容器13を振動させて、容器13内に半凝固金属ができるだけ残らないようにする。ここで、ハンド65は、容器13の加振方向の動きを許容する構造に構成され、常時はロック機構により容器13が加振方向に動かないようにするが、素材投入口53への半凝固金属の投入時にはロックを解除して、加振機により容器13が振動されるようにしている。

素材投入口53への半凝固金属の投入で空になった容器13は、容器復元装置17に搬送されて、所定の復元処理が施される。容器復元装置17は、図5に示されるように、容器13内に付着している半凝固金属を削ぎ取る搔削手段71と、容器13内へのエアの吹き付けで、容器13を冷却しつつ容器13内の付着

金属を除去するエアブロー手段 7 2 と、容器 1 3 内に所定の大きさ以上の付着金属が残存しているときにこれを検出する検出手段 7 3 と、容器 1 3 内を清掃するブラッシング手段 7 4 と、容器 1 3 内に離型剤を塗布するコーティング手段 7 5 とを備えている。

図 6 及び図 7 も参照して、掻削手段 7 1 は、支柱 7 1 0 から斜め上方にのびるブラケット 7 1 1 の先端に、アーム 7 1 2 を介して取付けたスクレーパ 7 1 3 を備えている。スクレーパ 7 1 3 は、横長の平板状の第 1 のへら部 7 1 3 a と、第 1 のへら部 7 1 3 a の中央部外面に直立するように固定した略 L 字状の第 2 のへら部 7 1 3 b とを有している。また、アーム 7 1 2 は、その基端の支軸 7 1 2 a でブラケット 7 1 1 に上下方向に揺動自在に枢着されている。そして、アーム 7 1 2 をばね 7 1 2 b により下方に付勢し、常時はブラケット 7 1 1 に固定のストッパ 7 1 2 c でアーム 7 1 2 を所定の傾斜姿勢に保持している。

ここで、容器 1 3 内の半凝固金属を素材投入口 5 3 (図 4 参照) に投入すると、投入時に下側になった容器 1 3 の側壁の内面 (以下、投入壁面と記す) 1 3 a に半凝固金属が比較的大きな塊で付着残留することがある。そこで、素材投入口 5 3 への半凝固金属の投入で空になった容器 1 3 を搬送ロボット 1 6 (図 1 参照) に把持したまま掻削手段 7 1 の配置部に搬送し、容器 1 3 を斜め下向きにした状態でスクレーパ 7 1 3 が容器 1 3 内に挿入されるように動かし、第 1 のへら部 7 1 3 a が容器 1 3 の投入壁面 1 3 a の容器底部寄りの部分に接触するように容器 1 3 を位置決めする。

この際、アーム 7 1 2 がストッパ 7 1 2 c から押し上げられ、ばね 7 1 2 b の付勢力で第 1 のへら部 7 1 3 a が容器 1 3 の投入壁面 1 3 a に押し当てられるようにする。その後、容器 1 3 を斜め上方に移動させる。これによれば、容器 1 3 の投入壁面 1 3 a に付着している半凝固金属が第 1 のへら部 7 1 3 a によって削ぎ取られ、容器 1 3 の開口端から排出される。この場合、容器 1 3 の投入壁面 1 3 a の口元 1 3 b に半凝固金属が残る。そこで、次に、容器 1 3 の投入壁面 1 3 a の口元 1 3 b に第 2 のへら部 7 1 3 b が接触するように容器 1 3 を位置決めし、この状態で容器 1 3 を第 2 のへら部 7 1 3 b の法線方向 (図 6 の紙面直交方向) に移動させる。

- 19 -

これによれば、容器 1 3 の投入壁面 1 3 a の口元 1 3 b に付着残留する半凝固金属が削ぎ取られる。

以上の如くして搔削手段 7 1 により容器 1 3 内に付着している半凝固金属を削ぎ取ると、容器 1 3 は搬送ロボット 1 6（図 1 参照）によりエアブロー手段 7 2 の配置部に搬送される。図 5 に示されるように、エアブロー手段 7 2 は、容器 1 3 を下向きにした状態で支持する受け枠 7 2 1 と、受け枠 7 2 1 に支持される容器 1 3 内に向けてエアを噴出する複数のエアノズル 7 2 2 とを備えている。容器 1 3 は搬送ロボット 1 6（図 1 参照）の動作で受け枠 7 2 1 に下向き姿勢で載置され、この状態でエアノズル 7 2 2 からエアが噴出される。これによれば、容器 1 3 がエアの吹き付けで冷却されると共に、容器 1 3 の内面に付着残留している半凝固金属が凝固されて吹き飛ばされる。この場合、半凝固金属が比較的大きな塊で残留していると、これを凝固させて吹き飛ばすことは困難になるが、容器 1 3 内に残留する大きな塊の半凝固金属は上記搔削手段 7 1 により予め除去されるため、エアブロー手段 7 2 により容器 1 3 内の付着金属が効率良く除去される。

ここで、エアブロー手段 7 2 による冷却処理時間（エアノズル 7 2 2 からのエアの噴出時間）は容器 1 3 が所定温度に冷却されるのに必要な時間に合わせて設定されるべきである。そこで、容器復元装置 1 7 による復元処理の完了後に、図示省略した測温手段により容器 1 3 の温度を測定し、この測定温度をフィードバックしてエアブロー手段 7 2 による冷却処理時間を調整している。尚、容器 1 3 に半凝固金属が大きな塊で付着していると、容器 1 3 が冷え難くなり、冷却不足でその後の冷却処理時間が過大に設定されてしまう。然し、本実施形態では、搔削手段 7 1 により半凝固金属の大きな塊が予め除去されるため、かかる不具合は生じない。但し、容器 1 3 の冷却にはある程度の時間が必要であり、この冷却時間によってサイクルタイムが長引くことを防止するため、エアブロー手段 7 2 を一対に並設し、両エアブロー手段 7 2、7 2 により交互に容器 1 3 の冷却処理を行うようにしている。そして、一方のエアブロー手段 7 2 に今回使用した容器 1 3 を載置した後、他方のエアブロー手段 7 2 に載置されている処理済の容器 1 3 を搬送ロボット 1 6（図 1 参照）により把持し、この容器 1 3 を検出手段 7 3 の配置部に搬送する。

- 20 -

検出手段 7 3 は、エアブロー手段 7 2 の配置部の側部に立設した架台 7 6 に取付けたリミットスイッチ 7 3 1 で構成されている。リミットスイッチ 7 3 1 には、下方にのびる接触子 7 3 2 が取付けられている。そして、搬送ロボット 1 6 により容器 1 3 を上向き姿勢で接触子 7 3 2 が容器 1 3 内に挿入されるように持ち上げ、容器 1 3 の内面と接触子 7 3 2 との間に所定の隙間が空くように容器 1 3 を位置決めした状態で、容器 1 3 をその内面と平行に移動させる。これによれば、容器 1 3 の内面に上記隙間以上の大きさの付着金属が残留していると、この付着金属が接触子 7 3 2 に当接して、リミットスイッチ 7 3 1 がオンする。そして、リミットスイッチ 7 3 1 がオンしたときは、容器 1 3 をライン外に払い出し、ライン外で容器 1 3 の復元処理を行う。尚、上記の如く搔削手段 7 1 による処理を行ってからエアブロー手段 7 2 による処理を行うと、容器 1 3 の内面に上記隙間以上の大きさの付着金属が残留する確率はきわめて低くなり、そのため、ライン外での容器 1 3 の復元処理が必要となる頻度も極めて低くなる。

リミットスイッチ 7 3 1 がオンしなかったとき、即ち、容器 1 3 内に所定の大きさ以上の付着金属が残存していなかったときは、搬送ロボット 1 6 により容器 1 3 をブラッシング手段 7 4 の配置部に搬送する。

ブラッシング手段 7 4 は、支柱 7 4 0 の上部に設けた、斜め上方にのびるブラシ 7 4 1 を備えており、ブラシ 7 4 1 は図示省略したモータで回転される。そして、搬送ロボット 1 6 により容器 1 3 を斜め下向きにした状態でブラシ 7 4 1 が容器 1 3 内に挿入されるように動かし、ブラシ 7 4 1 が容器 1 3 の内面に接触するように容器 1 3 を位置決めした後、ブラシ 7 4 1 に対し容器 1 3 を相対移動させる。これによれば、容器 1 3 内に残る細かな金属片および古いコーティング膜が除去され、容器 1 3 の内面の面粗度が良好に回復される。この場合、容器 1 3 内に大きな付着金属が残っていると、ブラシ 7 4 1 の折損を生ずる可能性があるが、ブラッシング手段 7 4 による処理が行われるのは、検出手段 7 3 により容器 1 3 内に所定の大きさ以上の付着金属の残存が検出されなかったときであるため、ブラシ 7 4 1 の折損を未然に防止することができる。尚、搔削手段 7 1 とブラッシング手段 7 4 とは隣接して配置されており、これら手段 7 1、7 4 で容器 1 3 から除去された付着物を受ける受箱 7 7 が設けられている。

- 21 -

ブラッシング手段 7 4 による処理を完了すると、搬送ロボット 1 6 により容器 1 3 をコーティング手段 7 5 の配置部に搬送する。コーティング手段 7 5 は、架台 7 6 に取付けたケース 7 5 1 と、ケース 7 5 1 内に設けた離型剤の塗布ノズル 7 5 2 とを備えている。そして、搬送ロボット 1 6 により容器 1 3 をケース 7 5 1 に挿入し、塗布ノズル 7 5 2 により容器 1 3 の内面に離型剤を塗布する。

このようにしてコーティング手段 7 5 による処理を完了すると、図 1 に示されるように、搬送ロボット 1 6 により容器 1 3 を、先に容器 1 3 を取り出した一方の半凝固金属生成装置 1 4 の置き台 4 0 に載置する。次に、他方の半凝固金属生成装置 1 4 の置き台 4 0 に載置されている、半凝固金属が生成された容器 1 3 を搬送ロボット 1 6 で把持し、この容器 1 3 を成形機 1 5 に搬送する。そして、以上の作動を繰り返し、金属成形品を連続的に製造する。

また、各半凝固金属生成装置 1 4 での半凝固金属の生成が完了すると、攪拌ヘッド復元装置 1 8 により攪拌ヘッド 4 1 に対する復元処理が施される。攪拌ヘッド復元装置 1 8 は、図 8 に示されるように、攪拌ヘッド 4 1 (図 2 参照) の測定子 4 1 2 (図 2 参照) に付着した半凝固金属を削ぎ取る搔削手段 8 1 と、冷し金 4 1 1, 4 1 1 (図 2 参照) と測定子 4 1 2 とを入水して冷却する冷却手段 8 2 と、冷し金 4 1 1, 4 1 1 および測定子 4 1 2 に離型剤を塗布するコーティング手段 8 3 と、冷し金 4 1 1, 4 1 1 および測定子 4 1 2 を保温する保温手段 8 4 とを備えている。

搔削手段 8 1 は、図 9 に示されるように、測定子 4 1 2 を挟む一対のスクレーパ 8 1 1, 8 1 1 を備えている。両スクレーパ 8 1 1, 8 1 1 は、基台 8 1 0 上のシリンダ 8 1 2 で進退される可動体 8 1 3 に、開閉自在に、且つ、図示省略したばねより閉じ側に付勢した状態で支持されている。基台 8 1 0 の先端部には、両スクレーパ 8 1 1, 8 1 1 間に介設されて両スクレーパ 8 1 1, 8 1 1 を測定子 4 1 2 の板厚以上に開くガイド 8 1 4 が立設されている。そして、半凝固金属の生成完了後、攪拌ロボット 4 2 により基台 8 1 0 の先方に測定子 4 1 2 が位置するように攪拌ヘッド 4 1 を移動させ、測定子 4 1 2 の上端部が両スクレーパ 8 1 1, 8 1 1 と同等高さになるように、攪拌ヘッド 4 1 を下降させる。尚、この状態では、攪拌ヘッド 4 1 が後記する水槽 8 2 1 (図 8 参照) の端部上方に位置

- 22 -

する。そして、図 8 に示されるように、水槽 8 2 1 の上蓋に、攪拌ヘッド 4 1 の直下に位置する開口 8 2 4 を形成している。

次に、図 9 に示されるように、シリンダ 8 1 2 により両スクレーパ 8 1 1、8 1 1 を基台 8 1 0 の先方に前進させる。ここで、各スクレーパ 8 1 1 の尾端部内側面には窪み部 8 1 1 a が形成されており、この窪み部 8 1 1 a がガイド 8 1 4 に当接する位置までスクレーパ 8 1 1 が前進したところで、ガイド 8 1 4 による両スクレーパ 8 1 1、8 1 1 の開きが解除され、両スクレーパ 8 1 1、8 1 1 間に測定子 4 1 2 が弾力的に挟み込まれる。次に、攪拌ヘッド 4 1 を上昇させる。これによれば、両スクレーパ 8 1 1、8 1 1 が測定子 4 1 2 に対し相対的に下動し、測定子 4 1 2 に付着していた半凝固金属が削ぎ取られる。測定子 4 1 2 から削ぎ取られた半凝固金属は図 8 に示された開口 8 2 4 を通して水槽 8 2 1 内に落下する。

このようにして掻削手段 8 1 により測定子 4 1 2 に付着していた半凝固金属を削ぎ取ると、攪拌ヘッド 4 1 は攪拌ロボット 4 2 の動作で冷却手段 8 2 の配置部に搬送される。冷却手段 8 2 は、70℃程度の温度の水を入れた水槽 8 2 1 を備えている。水槽 8 2 1 は、復元処理の能率アップを図るため、掻削手段 8 1 に隣接して配置されている。水槽 8 2 1 には、第 1 入水部 8 2 2 と、第 2 入水部 8 2 3 とが設けられている。第 1 入水部 8 2 2 には、図 10 に示されるように、測定子 4 1 2 を受け入れる、水が浸入しない隔房 8 2 2 a が設けられている。従って、攪拌ヘッド 4 1 を第 1 入水部 8 2 2 の直上位置に移動させて下降させると、測定子 4 1 2 は隔房 8 2 2 a に挿入され、冷し金 4 1 1 のみが入水される。半凝固金属の生成直後の冷し金 4 1 1 の温度は 600℃近い高温になっており、冷し金 4 1 1 が入水されると、水が突沸し、突沸の勢いで冷し金 4 1 1 から付着金属が剥がれ落ちる。そして、冷し金 4 1 1 を 60 秒程度入水させて、所定温度（例えば、100～120℃）に冷却する。

第 1 入水部 8 2 2 での冷し金 4 1 1 の冷却が完了すると、次に、図 8 に示されるように、攪拌ヘッド 4 1 を第 2 入水部 8 2 3 の直上位置に移動させて下降させる。第 2 入水部 8 2 3 には隔房 8 2 2 a が存在せず、冷し金 4 1 1 と共に測定子 4 1 2 が入水される。ここで、測定子 4 1 2 には、掻削手段 8 1 による処理後

- 23 -

に半凝固金属が薄い膜状に残ることがある。測定子 4 1 2 は熱容量が小さいため、入水時の水の突沸の勢いは弱くなるが、それでも薄膜状の半凝固金属は測定子 4 1 2 から効果的に剥がれ落ちる。言い換えると、搔削手段 8 1 がないと考えるならば、測定子 4 1 2 は熱容量が小さいため、入水時の水の突沸の勢いで剥がれ落ちる程には、水の突沸は弱いので、測定子 4 1 2 に半凝固金属が残ってしまうことになる。よって、搔削手段 8 1 を用意して、予め搔削手段 8 1 によって半凝固金属を薄い膜状にする、或いは、なくなるまで剥がすのである。但し、測定子 4 1 2 が過度に冷却されないよう、第 2 入水部 8 2 3 への入水時間は極短く、例えば 1 秒程度に設定する。

尚、第 2 入水部 8 2 3 に、冷し金 4 1 1 を受け入れる水が侵入しない隔房を設け、測定子 4 1 2 のみを入水させるようにしても良い。また、第 1 入水部 8 2 2 に先行して第 2 入水部 8 2 3 に測定子 4 1 2 を入水させることも可能である。

上記の如くして冷却手段 8 2 での処理が完了すると、攪拌ヘッド 4 1 は攪拌ロボット 4 2（図 1 参照）によりコーティング手段 8 3 の配置部に搬送される。コーティング手段 8 3 は、離型剤を収納した液槽 8 3 1 で構成されている。そして、攪拌ヘッド 4 1 を攪拌ロボット 4 2 により液槽 8 3 1 の直上位置から下降させ、冷し金 4 1 1 と測定子 4 1 2 とを液槽 8 3 1 内の離型剤の液中に浸漬して、冷し金 4 1 1 と測定子 4 1 2 とに離型剤を塗布する。

このようにしてコーティング手段 8 3 での処理が完了すると、攪拌ヘッド 4 1 は攪拌ロボット 4 2 により保温手段 8 4 の配置部に搬送される。保温手段 8 4 は、ヒータ（図示せず）を内蔵する保温ケース 8 4 1 で構成されている。そして、攪拌ヘッド 4 1 を攪拌ロボット 4 2 により保温ケース 8 4 1 の直上位置から下降させ、冷し金 4 1 1 と測定子 4 1 2 とを保温ケース 8 4 1 内に挿入して、両者 4 1 1, 4 1 2 を 100℃程度の温度に保温する。これにより、冷し金 4 1 1 と測定子 4 1 2 とに塗布された離型剤が乾燥される。

その後、図 1 において、半凝固金属生成装置 1 4 の置き台 4 0 に搬送ロボット 1 6 により容器 1 3 が載置され、この容器 1 3 に溶湯汲み出しロボット 1 2 により溶湯が注湯されたところで、攪拌ヘッド 4 1 を保温手段 8 4（図 8 参照）から引き上げて置き台 4 0 上に移動させ、半凝固金属の生成を開始する。

- 24 -

以上の如く、容器復元装置 17 と攪拌ヘッド復元装置 18 とにより容器 13 と攪拌ヘッド 41 とが所要の状態に良好に復元されるため、半凝固金属を良好に生成でき、金属成形品の品質が向上する。

図 11 では、図 2 の装置を用いて、容器に満たした半凝固金属の粘度を調べてみた。なお、攪拌及び冷却の初期では、攪拌手段の進入直後のノイズが大きいことより安定した粘度が測定できないため、初期ノイズをカットした後の粘度を示した。

装置の都合で、測定子は移動、停止、方向の変化を繰り返す。そのために、グラフが上下に波打つ。

測定子が同一方向に、一定速度で移動しているときのデータのみを取出すことを試みる。すなわち、+側のピーク P1、P2・・・、PN を結ぶと、右上がりの曲線 Q を得ることができる。

ところで、半凝固金属は、液相と固相との混合体であり、時間経過と共に温度が下がり、液相が凝固して固相の割合が増加する。この結果、時間と共に粘度が増加する。このことから、横軸を固相率に変えても、曲線 Q に近似する曲線が得られる。この考えに基づいて、データを整理して得たのが次の図である。

図 12 において、横軸は固相率で縦軸は粘度を表し、そこへ右上がりの曲線 R を描くことができる。この曲線 R を合金の種類毎に作成しておけば、次の要領で目標粘度 A を求めることができる。

例えば横軸に示したアルミニウム合金ダイカスト原料であるアルミニウム合金溶湯の目標固相率を決め、その目標固相率から垂直上向きに延ばした線 (1) とグラフ上の交点を求め、その交点から粘度軸に垂直に交わる線 (2) を延ばして粘度軸と交わった点を目標粘度 A として決める。

金属成分別にスラリー状の半凝固金属の固相率と粘度との相関を表すマップを準備することは、あらかじめ目標固相率に対応する目標粘度を決定でき、その後の工程を円滑に進めることができる。

図 13 では、図 2 で説明した装置を用いて、既知の粘度の流体に対する歪電圧を計測し、この計測値 (×印) をプロットして曲線 S を求めた。この曲線 S があれば、次の要領で計測値 (歪電圧) からそのときの粘度 B を求めることができる。

る。

ロードセルにより測定した歪電圧を横軸にとり、測定した歪電圧から垂直上向きに延ばした線（３）とグラフ上の交点を求め、その交点から粘度軸に垂直に交わる線（４）を延ばして粘度軸と交わった点を粘度Ｂとして決める。

図１４は本発明に係る半凝固金属の固相率管理方法のフローチャートを示している。ＳＴ××はステップ番号を示す。

ＳＴ０１：まず、金属成分別に半凝固金属の固相率と粘度との相関図を準備する（図１２参照）。

ＳＴ０２：ＳＴ０１で準備した相関図を用いて、目標固相率に対応する目標粘度Ａを定める（図１２参照）。

ＳＴ０３：容器に満たした半凝固金属を攪拌しながら冷却開始する。

ＳＴ０４：半凝固金属を冷却して、ロードセルにより歪電圧を測定し、カー粘度換算手段により粘度Ｂを求める（図１３参照）。

ＳＴ０５：ＳＴ０４の工程で得られた粘度Ｂが目標粘度Ａ以上になれば、ＳＴ０６に進み冷却終了となるが、粘度Ｂが目標粘度Ａ未満であれば、目標粘度Ａ以上になるまで冷却を続ける。

このように、本発明方法は目標粘度Ａを検出して固相率を管理するため、冷却速度の変化や時間の影響を排除することができ、従来の時間による管理より、大幅に半凝固金属の固相率の管理精度を高めることができる。

図１５に示した図２の別実施例では、粘度計測装置３６は、冷し金４１１、４１１が半凝固金属２７から受ける力を、ロボットアーム４３を使って動かすリンク機構４４を介してロードセル４１３に伝える。ロードセル４１３は、リンク機構４４を介して半凝固金属２７から受ける力を歪電圧Ｖ１として認知する。その後、歪電圧Ｖ１はカー粘度換算手段４１６により粘度Ｂに換算される。

この場合において、粘度計測装置３６は、容器１３内を動く冷し金４１１、４１１から受ける力を、ロボットアーム４３を使って動かすリンク機構４４を介してロードセル４１３に伝えるため、測定子４１２（図示せず）にロードセル４１３を結合する必要はなく、また、測定子４１２の位置を特定する必要はない。

図１６に示した図２の更なる別実施例では、粘度計測装置３７は、冷し金４

- 26 -

１１、４１１と、片持ち梁状の測定子４１２と、この測定子４１２が受ける力を計測するロードセル４１３と、このロードセル４１３を固定するブラケット４１３ｂと、測定子４１２を取付ける固定部材４７と、これら測定子４１２、ロードセル４１３、ブラケット４１３ｂ、測定子４１２と一体で固定部材４７を回転させるモータ４６と、ロードセル４１３からの物理量を粘度変換するための力換算手段４１４、粘度換算手段４１５を備えた力－粘度換算手段４１６とからなることを特徴とする構成体である。

すなわち、図１６では、測定子４１２が図２に示す冷し金移動手段４１０と一体でない点が図２との違いで、この測定子４１２はモータ４６で回転することにより、半凝固金属２７から受ける力をロードセル４１３に伝える役目をする。ロードセル４１３は、半凝固金属２７から測定子４１２が受ける力を歪電圧Ｖ１として認知する。その後、歪電圧Ｖ１は力－粘度換算手段４１６により粘度Ｂに換算される。

この場合において、測定子４１２は、容器１３内を動く冷し金４１１、４１１により攪拌され粘性が一定になった半凝固金属２７中で、さらにモータ４６により回転するので、均一な状態の溶湯から受ける力をロードセル４１３に伝えることができる。

図１７において、冷し金４１１、４１１と容器１３に満たされた半凝固金属２７の中央に配置した測定子４１２がある。冷し金４１１、４１１は半凝固金属２７中を矢印（５）の如く矩形に動いて、容器１３に満たした半凝固金属２７を攪拌する。同時に測定子４１２はモータにより矢印（６）の如く円弧を描いて移動し、測定子４１２の回りの半凝固金属２７を攪拌する。

冷し金４１１、４１１は容器１３中の半凝固金属２７を矩形に攪拌すると同時に、測定子４１２が半凝固金属２７の中央で半凝固金属２７を円弧を描いて攪拌する。この結果、測定子４１２は、冷し金４１１、４１１と測定子４１２自体の両方による攪拌で十分に均一な状態の溶湯から受ける力をロードセル４１３に伝えることができる。

尚、本発明の粘度計測装置において、冷し金４１１、４１１同士は相対的に動かないで固定のまま半凝固金属２７中を矩形に動くが、冷し金４１１、４１１

- 27 -

自体が自転・公転などで動きながら半凝固金属 27 中を動いても良い。

また、冷し金 411, 411 及び冷し金 411, 411 を含めた冷し金移動手段 410 は、半凝固金属 27 中を矩形以外（例えばジグザグ移動）の動きをしても、速度が定常の部分が少しでもあるならば良い。

図 18 において、製造ライン 90 は、金属を融点以上の温度に保つ溶湯保持炉 11 と、この溶湯保持炉 11 から 1 回分の溶湯が供給されるラドル 25 と、このラドル 25 を中央台 91 まで運搬する第 1 ロボット 92 と、中央台 91 に載せた容器 13 と、この容器 13 内の溶湯を攪拌する攪拌手段 93（不図示。詳細は後述する。）と、この攪拌手段 93 に付着した溶湯などを除去して復元する攪拌子復元台 94 と、この攪拌子復元台 94 と中央台 91 との間に攪拌手段 93 を往復させる第 2 ロボット 96 と、射出スリーブ 52 を備えた成形機としての射出成形機構 97 と、容器 13 を射出スリーブ 52 まで運搬する第 3 ロボット 98 と、空になった容器 13 を清掃し、コーティングする整備台 101 と、清掃しコーティングした容器 13 を冷却するエアブローノズル 102 を備えた冷却台 103 と、運転開始時に容器 13 を加熱する加熱台 104 とからなる。

容器 13 は、耐熱鋼鋳鋼品が望ましい。例えば SCH12 は、8～12%の Ni と 18～23%の Cr を含むステンレス鋳鋼であって耐熱性に富む。詳細なデータは省略するが通常の炭素鋼（SS400-JIS）製容器に対して 6 倍程度の寿命（ショット）が得られた。

また、炭素鋼の熱伝導率は $60.7 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ であるのに対して、SCH12 の熱伝導率は $14.7 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ である。

容器の熱伝導率が大きいと、溶湯の中心に対して溶湯の端（容器に接している部位）がかなり低温になり、溶湯に温度差が発生する。

この点、SCH12 製容器であれば、熱伝導率が小さく溶湯の中心と端との温度差が小さい。すなわち、溶湯の温度が容易に均一になり、温度管理が簡単になるという利点を有する。

以上の構成からなる製造ライン 90 の作用を説明する。

図 19 では、ラドル 25 で溶湯保持炉 11 から溶湯を汲み出し、中央台 91 に載せた容器 13 へ注湯する。溶湯保持炉 11 の温度 T_2 は、温度センサ 106

で計測する。

図 20 では、攪拌子復元台 94 に待機させた攪拌手段 93 を、中央台 91 へ移し、そこで容器 13 内の溶湯を攪拌し、終わったら攪拌子復元台 94 へ戻す。

図 21 では、目標固相率を調製した溶湯、半凝固金属が入った容器 13 を射出スリーブ 52 まで移動し、射出スリーブ 52 へ注湯する。

図 22 では、空になった容器 13 は整備台 101 に移し、そこで残滓を除去し、次にコーティングを施す。その段階で容器 13 の温度 T_1 を温度センサ 107 で計測する。

容器 13 を冷却台 103 へ移し、そこで、エアブローノズル 102 からエアを噴出させて所定時間エア冷却を行う。冷却が完了したら容器 13 は中央台 91 へ戻す。

次に、容器の温度と溶湯保持炉の温度とエアブロー時間との関係を示す相関図を作成する。作成した相関図の例を次図に示す。

図 23 において、相関グラフの使い方を説明すると、製造途中で計測した容器の温度が R_{t2} 、溶湯保持炉の温度 ($F_{t1} \sim F_{t4}$) が例えば F_{t2} であれば、設定すべきエアブロー時間は T_{ab2} となる。

T_{ab2} 時間だけエアブローし、中央台に容器を戻し、この容器に溶湯を供給し、攪拌手段で攪拌すれば、一定の粘度になるまでの攪拌時間はほぼ一定時間になる。

以上の相関グラフを用いた製造フローを図 24 及び図 25 で説明する。

図 24 及び図 25 では、容器は「ルツボ」の名称で説明する。まず、図 24 を説明する。

ST11 : 初回はルツボは室温であるため、所定の初期温度まで加熱する必要がある。ルツボが初回であるか否かを調べるために、ルツボ温度が 100°C 以下であるか否かを調べる。 100°C を超えていれば加熱は必要がないと見なして ST13 へ進む。

ST12 : ST11 で 100°C 以下であるときには、ルツボを初期温度まで加熱する。

ST13 : ルツボを中央台に載せる。

- 29 -

ST14 : ラドルで溶湯保持炉から溶湯を汲み出す。

ST15 : 溶湯をルツボへ供給する。

ST16 : 直ちに溶湯の固相率の調製を行う。

ST17 : 調製済みの溶湯を射出スリーブへ注湯する。

ST18 : 射出を行い、成形品を得る。

図25はルツボ冷却まで製造フローを示している。

ST19 : ルツボをクリーニングする。

ST20 : クリーニングが完了するまで何度でも行う。

ST21 : ルツボにコーティングを施す。

ST22 : ルツボの温度 T_1 (図23の Rt_2 相当) を読み込む。

ST23 : 溶湯保持炉の温度 T_2 (図23の Ft_2 相当) を読み込む。

ST24 : ルツボの温度 T_1 、溶湯保持炉の温度 T_2 及び相関図 (図23 参照) から冷却時間 t (図23の Ta_2 相当) を決定する。

ST25 : ルツボの冷却を開始する。

ST26 : 時間が t に到達したら冷却は完了する。

図26では、横軸は攪拌時間、縦軸は頻度を示す。

詳細な説明は省略するが、従来の技術では、攪拌時間のばらつきは、 D であった。これに対して、本発明によれば、攪拌時間のばらつきは、 $0.4 \times D$ 、すなわち、従来の40%に収まった。

したがって、本発明によれば攪拌時間のばらつきを大いに改善できたと言える。

尚、実施例で説明した相関グラフ (容器の温度ー溶湯保持炉の温度ーエアブロー時間の相関グラフ) は、数式した相関式、テーブル化した相関図であってもよく、形式は自由であるため、相関図と呼ぶ。

また、相関図の作り方は実施例に限るものではない。

以上に述べた半凝固金属を注入するダイカスト方法について実施の形態を挙げ、添付の図27～図34を参照しながら説明する。本実施の形態に係るダイカスト方法は、多気筒エンジンの構成部品であるシリンダブロック110をアルミニウムのスラリー状の半凝固金属を用いて鋳造成型するものであり、鋳造用金型

- 30 -

１１２（図２９参照）を用いて製造される。まず、シリンダブロック１１０について説明する。

図２７及び図２８に示されるように、シリンダブロック１１０は、クランクケース部１１４と、該クランクケース部１１４から延在するシリンダ壁１１６を備える。シリンダ壁１１６には直列に４つのシリンダボア１１８が設けられている。シリンダブロック１１０はセミクローズドデッキタイプであり、ウォータージャケット１２０の一部がシリンダヘッド面及びシリンダ壁１１６の外面对して開口している。

各シリンダボア１１８内にはそれぞれシリンダピストン（図示せず）が摺動自在に嵌合される。

図２９に示されるように、鑄造用金型１１２は、クランクケース側の固定型１２２と、シリンダヘッド側の可動型１２４と、レール上を移動してシリンダの側面を形成する摺動型１２６、１２８とを有する。可動型１２４は固定型１２２に対して面直方向に進退可能であり、摺動型１２６は固定型１２２の面に摺動しながらスライド移動が可能である。可動型１２４には、ボアを形成するための入れ子ピン１２９が突出している。

これらの固定型１２２、可動型１２４、摺動型１２６、１２８及び入れ子ピン１２９により囲まれて形成される中央空間部のキャビティ１３０はシリンダブロック１１０（図２８参照）に対応した形状となっており、該キャビティ１３０にアルミニウム合金の半凝固金属２７が注入され、固化することによりシリンダブロック１１０が得られる。また、キャビティ１３０内にはウォータージャケット１２０（図２８参照）を成形するための砂中子１３２、１３４が摺動型１２６、１２８に保持されて設けられている。砂中子１３２、１３４は、シリンダ壁１１６（図２８参照）の幅内で幅狭に形成され、ボア部を略覆うように設定されており、鑄造成型後に除去しやすいように粉碎可能に形成されている。キャビティ１３０には、図示しないガス抜き部が設けられている。

また、鑄造用金型１１２は、射出スリーブ１３６内で半凝固金属２７を射出する射出ピストン１３７を備える湯口１３８と、該湯口１３８から供給される半凝固金属２７をキャビティ１３０に供給する通路である湯道１４０とを有する。

- 31 -

射出スリーブ 136 の端部近傍における上面には半凝固金属 27 が投入される開口部 136a が設けられている。

ここで、半凝固金属 27 とは、金属（合金を含む）を半溶融状態にしたもの、又は金属溶湯を冷却、攪拌して半凝固状態にしたものをいい、金属を加熱し直接的に半溶融状態にしたものと、一度完全に溶解した後に冷却して半凝固状態にしたものの両方を指す。このような半凝固金属 27 は固相と液相の固液共存状態となっている。

湯道 140 は、せき 142、144 を介してキャビティ 130 に接続されている。

射出ピストン 137 は、制御部 146 の作用下にアキュムレータ 148（油圧シリンダ等）によって駆動され、射出ピストン 137 の位置はセンサ 150 によって検出され制御部 146 に供給される。制御部 146 では、センサ 150 から供給される信号に基づいて射出ピストン 137 の位置及び速度を認識し、これらのパラメータに基づいてアキュムレータ 148 を動作させる。

次に、このように構成される鑄造用金型 112 を用いてシリンダブロック 110 を鑄造成型する手順について図 30 にて説明する。以下の説明では、表記したステップ番号順に処理が実行されるものとする。

ST31：（図 29 も参照）先ず、摺動型 126、128 を中央寄りにスライド移動させるとともに、可動型 124 を摺動型 126、128 に当接させてキャビティ 130 を形成する。また、入れ子ピン 129 を所定の位置に移動する。

ST32：（図 29 も参照）予め生成されたアルミニウム合金の半凝固金属 27 を所定の投入手段によって開口部 136a から射出スリーブ 136 内に所定量投入する。半凝固金属 27 は好適な湯回り性が得られるように粘度管理されている。このとき、射出ピストン 137 は開口部 136a よりもアキュムレータ 148 に近い方向の原点位置 P0 において待機している。

ST33：（図 31 も参照）制御部 146 の作用下に射出ピストン 137 を駆動させて、低速な速度 VL（図 33 参照）でキャビティ 130 の方向の切替位置 P1 まで移動させる。これにより、半凝固金属 27 は開口部 136a からはみ出ることなく湯口 138 の近傍まで移動される。切替位置 P1 は、開口部 136a よ

- 32 -

りもキャビティ 130 に近い位置に設定されている。

ST34 : (図 3 1 も参照) 射出ピストン 137 を高速な速度 V_H (図 3 3 参照) まで増速させ、半凝固金属 27 を湯口 138 及び湯道 140 内に高速で充填させる。このように射出ピストン 137 を高速で移動させることから半凝固金属 27 は短時間で充填され、固化し、又は温度低下による湯回り性の低下がない。また、射出動作が短時間で行われることからサイクルタイムの短縮化が図られ、作業効率が向上する。

ST35 : (図 3 2、図 3 4 も参照) 射出ピストン 137 が減速位置 P2 に達したときに制御部 146 の作用下に射出ピストン 137 の速度を速度 V_L (図 3 3 参照) まで減速させ、半凝固金属 27 の流速を低下させる。減速位置 P2 は、半凝固金属 27 の先端部がキャビティ 130 に注入されるよりも前の点として設定されて制御部 146 に記憶されている。具体的には、半凝固金属 27 がキャビティ 130 内に最初に注入される時点における射出ピストン 137 の注入位置 P3 に対して 90 ~ 97 % の位置に減速位置 P2 が設定されているとよい。

図 3 3 に示されるように、射出ピストン 137 がこの減速位置 P2 に達するまで半凝固金属 27 は速度 V_H の速い流速であって、大きな慣性力を有することから急減速することではなく、平均流速を表す曲線 152 で示されるように緩やかに減速する。なお、減速位置 P2 ~ 注入位置 P3 の区間では、射出ピストン 137 の速度を表す線を太線、半凝固金属 27 の平均流速を表す曲線 152 を細線として区別して示している。半凝固金属 27 は液体の性質を持つことから、流路の断面積に応じて場所により流速が異なり、平均流速を表す曲線 152 は平均値を示す。

ST36 : (図 3 4 も参照) 射出ピストン 137 が注入位置 P3 に達したとき、半凝固金属 27 は湯口 138 に近い方のせき 142 に達してキャビティ 130 に対する注入が開始される。なお、注入位置 P3 は半凝固金属 27 がキャビティ 130 内に最初に注入されるとき射出ピストン 137 の位置として設定されており、半凝固金属 27 は 2 つのせき 142、144 のうち、湯口 138 から遠い方のせき 144 には達していなくてもよい。

射出ピストン 137 が注入位置 P3 に達したとき、半凝固金属 27 の流速は

- 33 -

減速されて速度 V_L と略等しくなっている。この後、射出ピストン137を速度 V_L （図33参照）で移動し続けることにより、半凝固金属27がキャビティ130内に注入される。半凝固金属27は、適度な粘度を有するために気体の巻き込みが少なく、しかも射出スリーブ136への投入時と較べて温度低下が少くないため湯回り性がよく、キャビティ130内に適切に充填される。また、温度低下が少ないため、半凝固金属27の粘度は過度に高くなることなく、砂中子132、134は破損しにくい。

このとき仮に、図33の仮想線154で示されるように、平均流速を速度 V_L に維持したまま半凝固金属27を注入すると、砂中子132、134は挟幅であってしかも除去しやすいように粉碎可能に形成されているため、高粘度の半凝固金属27が衝突することにより破損するおそれがある。

これに対して本実施の形態に係るダイカスト方法では、キャビティ130内に注入された半凝固金属27は他の溶湯と比較して高粘度ではあるが、流速が低速な速度 V_L となっているため、砂中子132、134を破損するおそれがない。

また、半凝固金属27をキャビティ130内に注入する際には、キャビティ130内を真空引き又は減圧処理しておくことにより、鑄巣及び酸化が一層少ない高品質なシリンダブロック110を得ることができる。

ST37：図33に示されるように、最終充填位置P4に達したときに半凝固金属27がキャビティ130内に充填されて加圧され、射出ピストン137の前進動作は停止する。このとき、半凝固金属27はせき142、144を介してキャビティ130内に完全に充填されており、余分な半凝固金属27はガス抜き部に排出されている。

ST38：半凝固金属27が十分に冷却、固化された後に、可動型124、摺動型126、128、入れ子ピン129をキャビティ130から離間させる。これにより図28に示されるようなシリンダブロック110と図示しない不要部とが形成される。不要部は図29に示された湯口138、湯道140、せき142、144及びガス抜き部に対応する部位としてシリンダブロック110と一体的に形成されるものであり、所定の手順でこの不要部を除去することにより、シリンダブロック110が得られる。

- 34 -

ST 39 : エア、サンドブラスト又はウォータジェット等を吹き付けることにより、図 3 4 に示された砂中子 1 3 2, 1 3 4 を粉碎してシリンダブロック 1 1 0 から除去し、ウォータジャケット 1 2 0 (図 2 8 参照) を形成する。

上述したように、本実施の形態に係るダイカスト方法によれば、鑄造材料に半凝固金属 2 7 を用いて鑄巣の発生を抑止することができる。また、半凝固金属 2 7 は減速されてキャビティ 1 3 0 内に注入されるため、砂中子 1 3 2, 1 3 4 を破損することがなく、砂中子 1 3 2, 1 3 4 を過度に高強度にする必要がない。さらに、半凝固金属 2 7 はキャビティ 1 3 0 に注入される直前まで高速で短時間に移動することから、温度低下による湯回り性の低下を防止できる。

本発明に係るダイカスト方法は、上述の実施の形態に限らず、本発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

産業上の利用可能性

本発明においては、半凝固金属の固相率の管理精度を高め、半凝固金属のために用いる容器や攪拌手段の復元処理を確実にを行い、半凝固金属の攪拌時間のばらつきを抑え、半凝固金属のキャビティへの注入方法を改良することで、ダイカスト成形品の品質向上、生産性の向上を図る。従って、本発明はアルミニウム合金等の金属成型品を生産するのに適している。

請 求 の 範 囲

1. 金属成分別にスラリー状の半凝固金属の固相率と粘度との相関を表すマップを準備する工程と、このマップを利用して目標固相率に対応する目標粘度を定める工程と、容器に入れた半凝固金属を冷却しつつその粘度を計測する粘度計測工程と、この粘度が前記目標粘度に到達するまで冷却を実施する工程と、から成り、これら工程群を半凝固金属の固相率と粘度との相関を表すマップの準備から半凝固金属の冷却終了までの間に実施することで半凝固金属の固相率を目標固相率に合致させることを特徴とする、半凝固金属の固相率管理方法。

2. 容器に入れたスラリー状の半凝固金属を攪拌する攪拌手段と、下部を半凝固金属に差込む片持ち梁状の測定子と、この測定子を水平方向に移動させる測定子移動手段と、この測定子が前記半凝固金属から受ける力を計測するロードセルと、このロードセルで検出した力から半凝固金属の粘度を換算する換算手段と、から成ることを特徴とする、半凝固金属の粘度計測装置。

3. 所定量の溶湯を収納可能な容器と、容器内の溶湯を冷却しつつ攪拌してスラリー状の半凝固金属を生成する半凝固金属生成装置と、半凝固金属を素材として金属成形品を成形する成形機と、半凝固金属生成装置から成形機に容器を搬送して容器内の半凝固金属を成形機に投入する搬送装置と、成形機への半凝固金属の投入で空になった容器に対し所定の復元処理を施す容器復元装置と、から成る金属成形品の製造ラインであって、容器復元装置が、容器内へのエアの吹き付けで、容器を冷却しつつ容器内の付着金属を除去するエアブロー手段と、容器内に離型剤を塗布するコーティング手段とを備える、金属成形品製造ラインにおいて、

容器復元装置は、更に、エアブロー手段による処理前に、容器内に付着している半凝固金属を削ぎ取る搔削手段を備えることを特徴とする、金属成形品の製造ライン。

4. 前記搔削手段は、定位置に据え付けられたスクレーパで構成され、前記搬送

- 36 -

装置を多関節型のロボットで構成して、前記成形機への半凝固金属の投入で空になった前記容器をロボットに把持させたままスクレーパに対し相対移動させて、容器内に付着している半凝固金属を削ぎ取るようにロボットの動作を制御することを特徴とする、請求項3に記載の金属成形品の製造ライン。

5. 容器内に収納した溶湯に浸漬される冷し金と粘度測定用の測定子とを有する攪拌手段により溶湯を冷却しつつ攪拌してスラリー状の半凝固金属を生成する半凝固金属生成装置の攪拌手段に対し、半凝固金属の生成後に所定の復元処理を施す攪拌手段の復元装置であって、攪拌手段の冷し金と測定子とを入水させて冷却する冷却手段と、冷し金と測定子とに離型剤を塗布するコーティング手段と、から成る復元装置において、

復元装置は、更に、冷却手段による処理前に、測定子に付着している半凝固金属を削ぎ取る搔削手段を備え、

冷却手段は、測定子を受け入れる水が浸入しない隔房を有し、冷し金のみを入水させる第1の入水部と、少なくとも測定子を入水させる第2の入水部とを備えることを特徴とする、半凝固金属生成装置の攪拌手段復元装置。

6. 容器内に収納した溶湯に浸漬される冷し金と粘度測定用の測定子とを備える攪拌手段により溶湯を冷却しつつ攪拌してスラリー状の半凝固金属を生成する半凝固金属生成装置の攪拌手段に対し、半凝固金属の生成後に行う攪拌手段の復元方法であって、攪拌手段の冷し金と測定子とを入水させて冷却する冷却工程と、冷却工程後に冷し金と測定子とに離型剤を塗布するコーティング工程と、から成る攪拌手段復元方法において、

冷却工程前に、測定子に付着している半凝固金属を削ぎ取る搔削工程を含み、

冷却工程は、冷し金のみを入水させる第1の入水工程と、少なくとも測定子を入水させる第2の入水工程とから成り、第2の入水工程の処理時間は第1の入水工程の処理時間よりも短く設定されることを特徴とする、半凝固金属生成装置の攪拌手段復元方法。

- 37 -

7. 成形機へスラリー状の半凝固金属を注湯して空になった容器を、次の注湯に備えて所定時間冷却し、この冷却した容器へ溶湯保持炉から半凝固金属を供給することを繰り返す半凝固金属の射出成形方法において、

空の容器を次の注湯に備えて冷却するときの前記所定時間は、溶湯保持炉の温度と空の容器の温度とに基づいて決定することを特徴とする、半凝固金属の射出成形方法。

8. 湯口から射出ピストンによりスラリー状の半凝固金属を射出し、湯道及びせきを介して、内部に砂中子が設けられたキャビティに前記半凝固金属を注入することにより鑄造成型品を得るダイカスト方法において、

前記半凝固金属の先端部が前記キャビティに注入される以前に、前記射出ピストンを減速して前記半凝固金属の流速を低下させることを特徴とする、鑄造成型品ダイカスト方法。

9. 前記射出ピストンの射出開始位置から前記半凝固金属が前記キャビティに最初に注入される時点における前記射出ピストンの位置までの90～97%の位置において前記射出ピストンを減速させることを特徴とする、請求項8に記載のダイカスト方法。

10. 前記鑄造成型品はエンジンのシリンダブロックであり、鑄造成型後に前記砂中子を除去することにより冷却用のウォータジャケットを形成することを特徴とする、請求項8に記載のダイカスト方法。

2/31

図 2

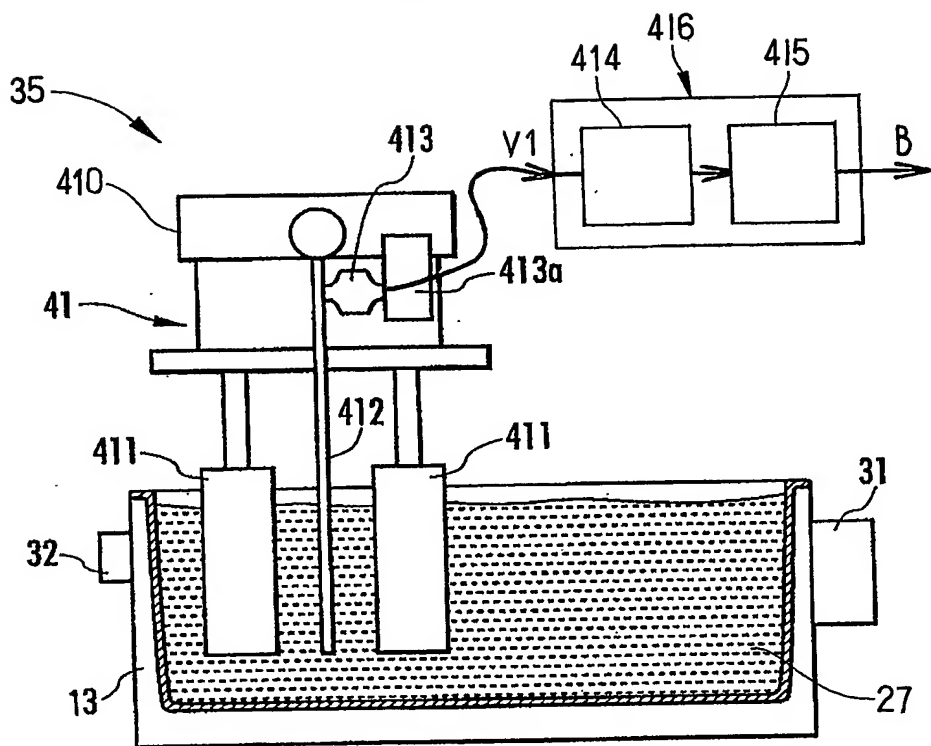
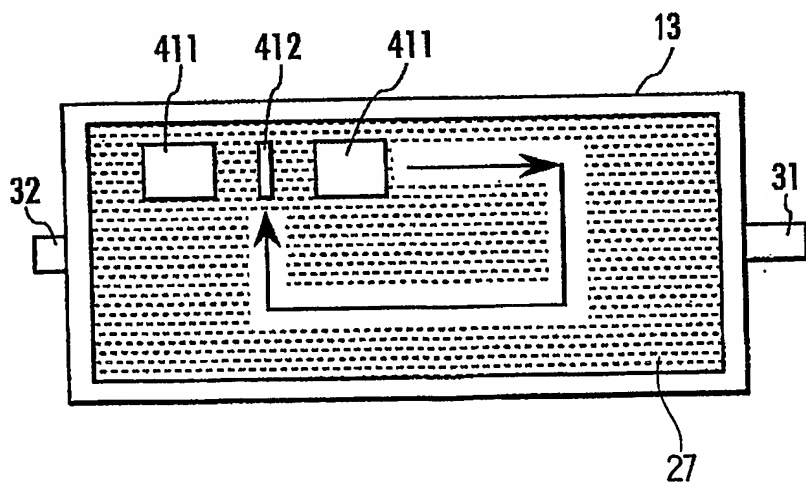
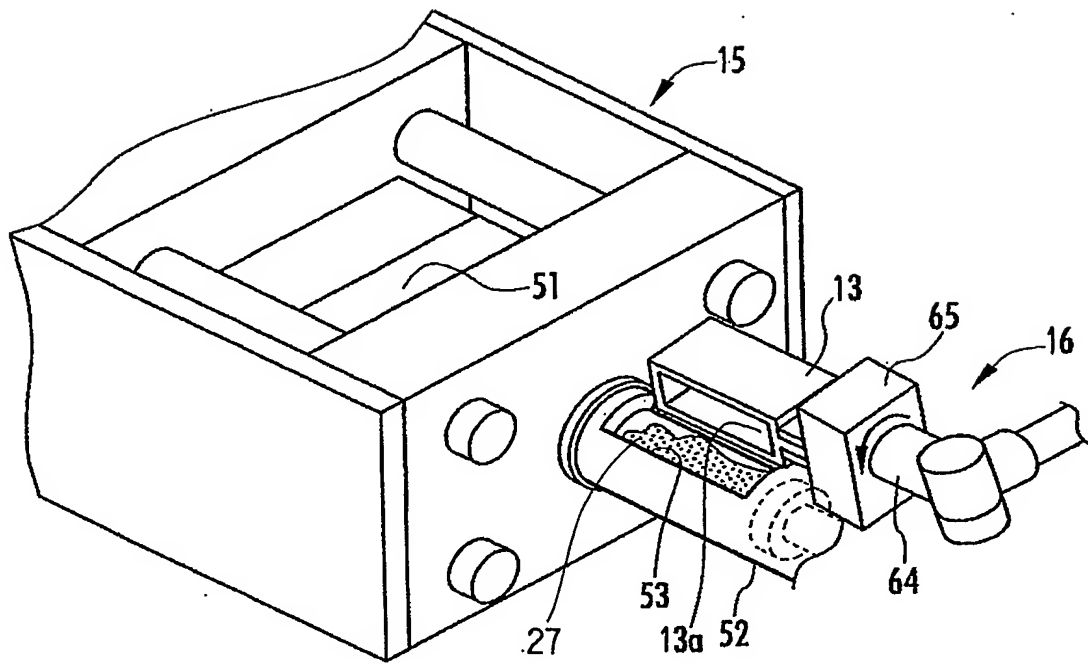


図 3



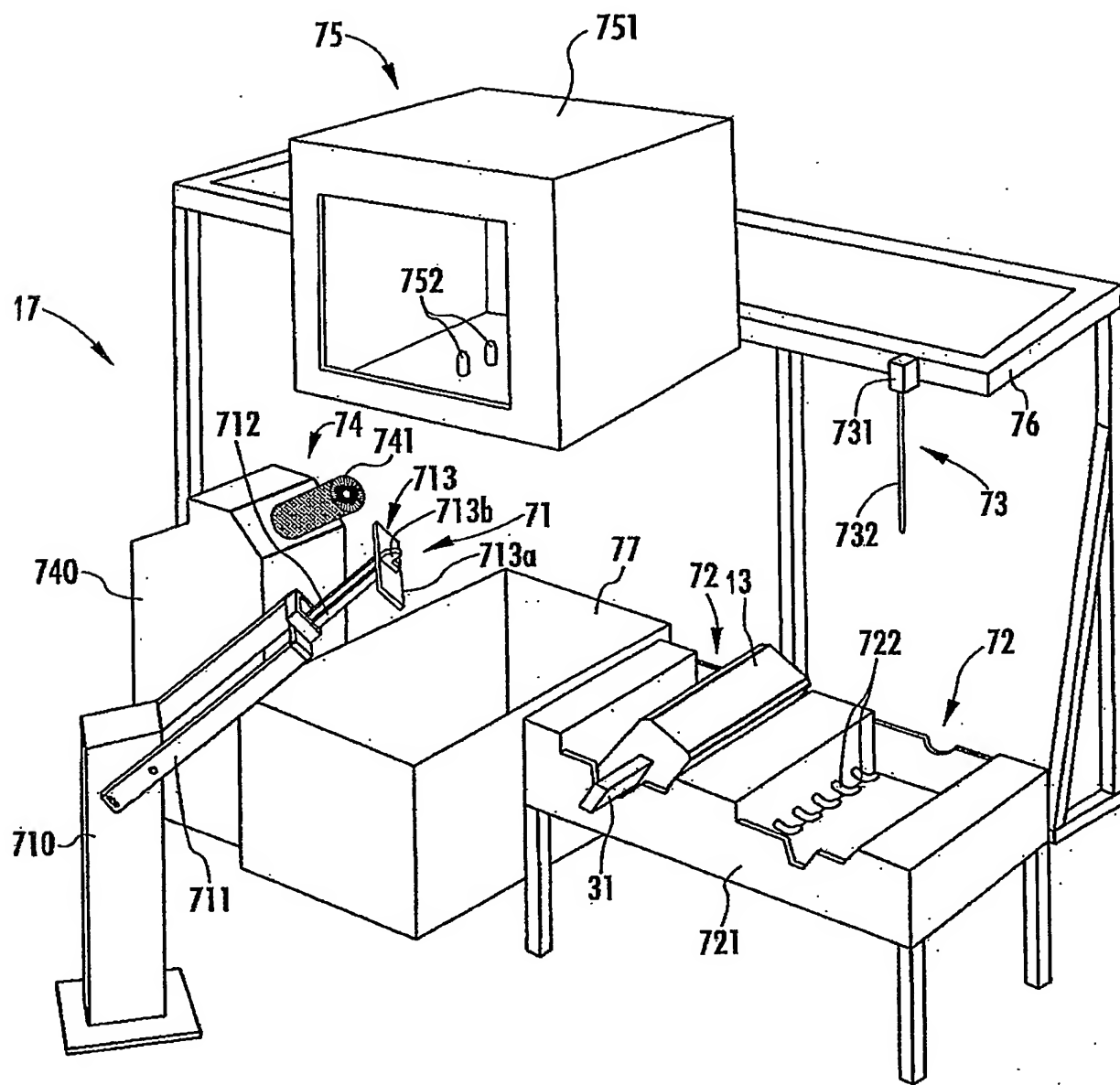
3/31

図 4



4./31

図 5



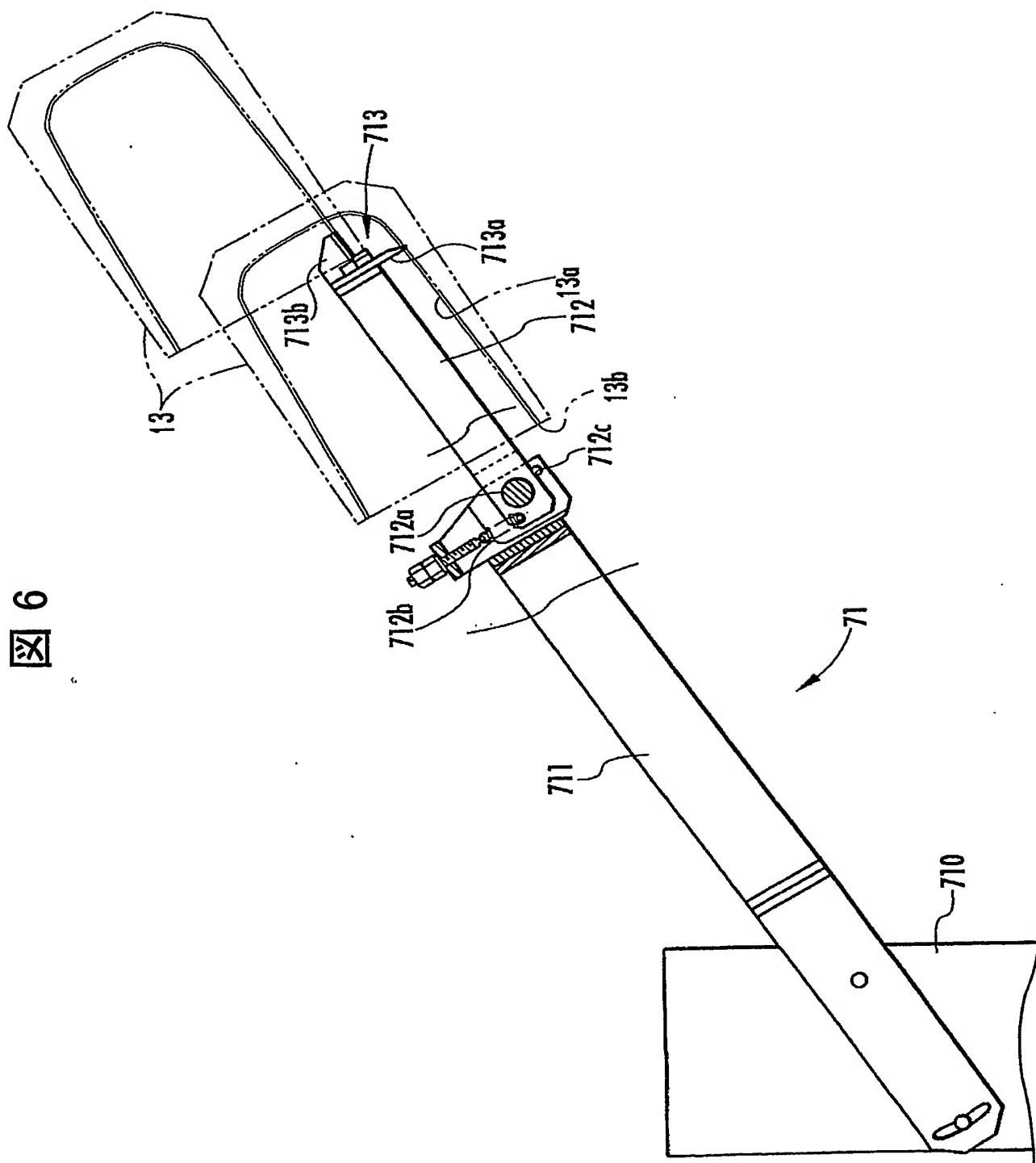
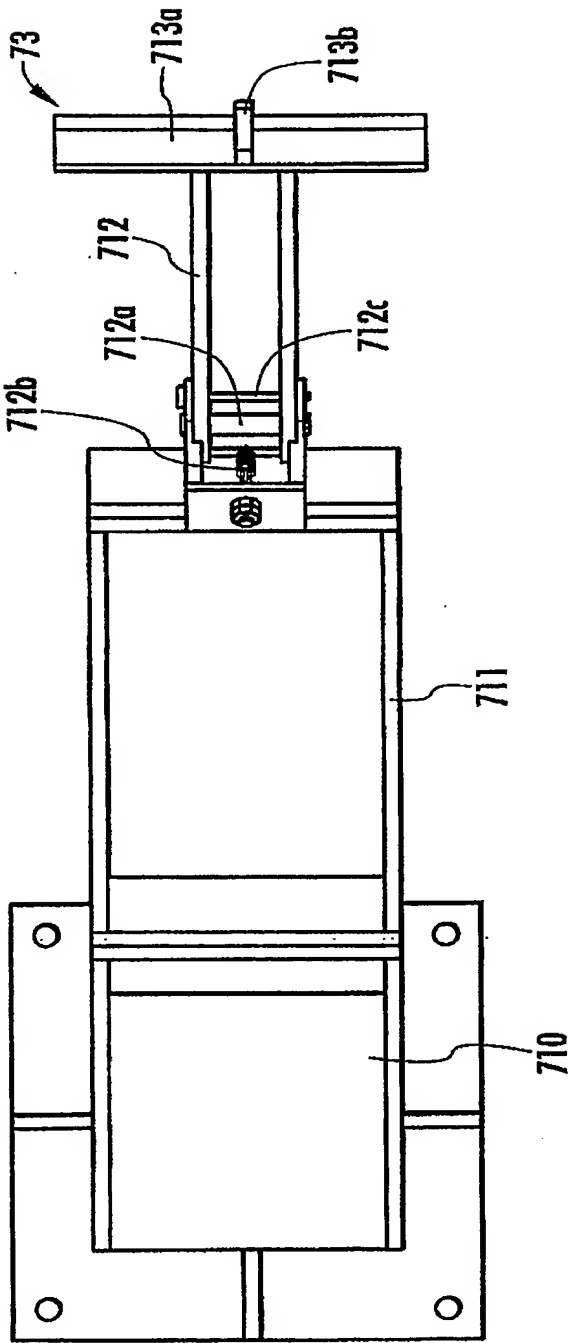


図 7



7/31

図 8

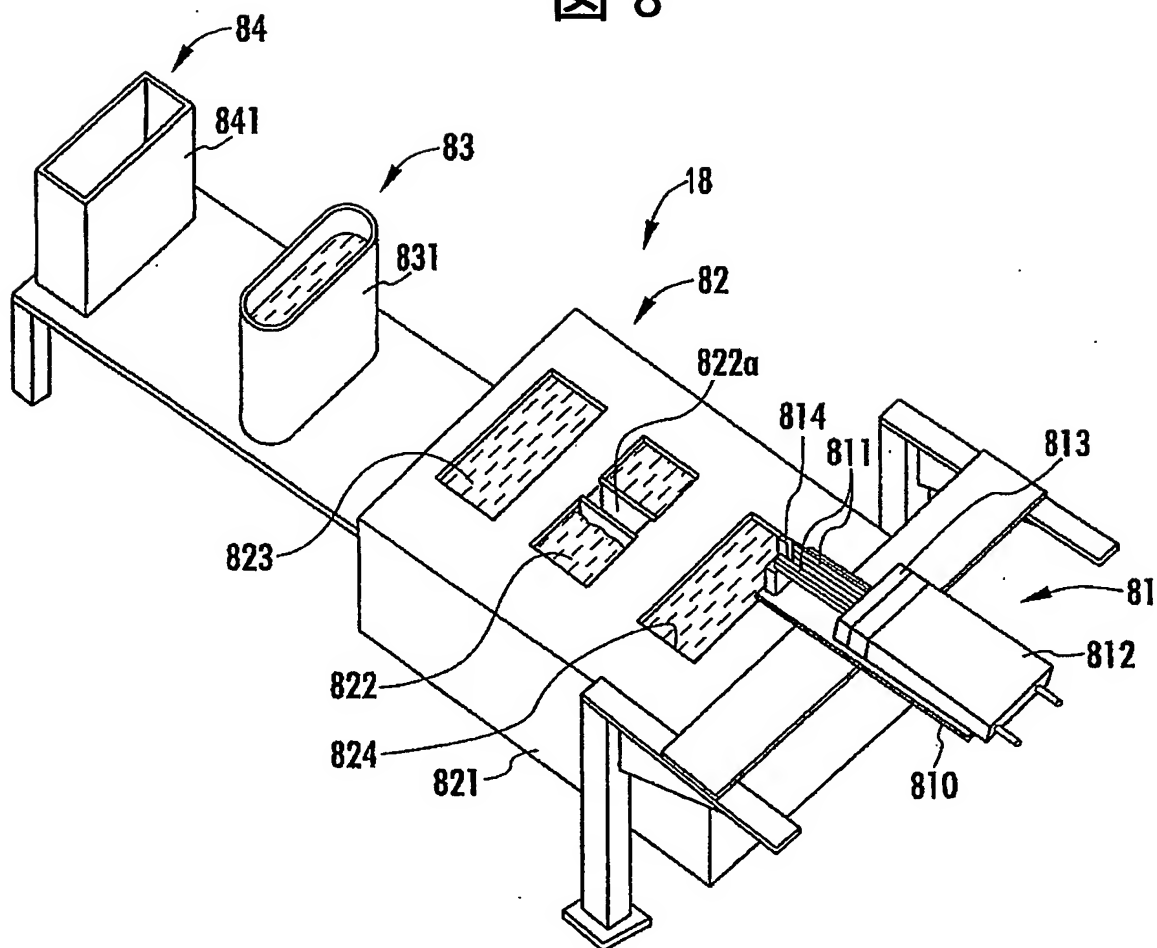
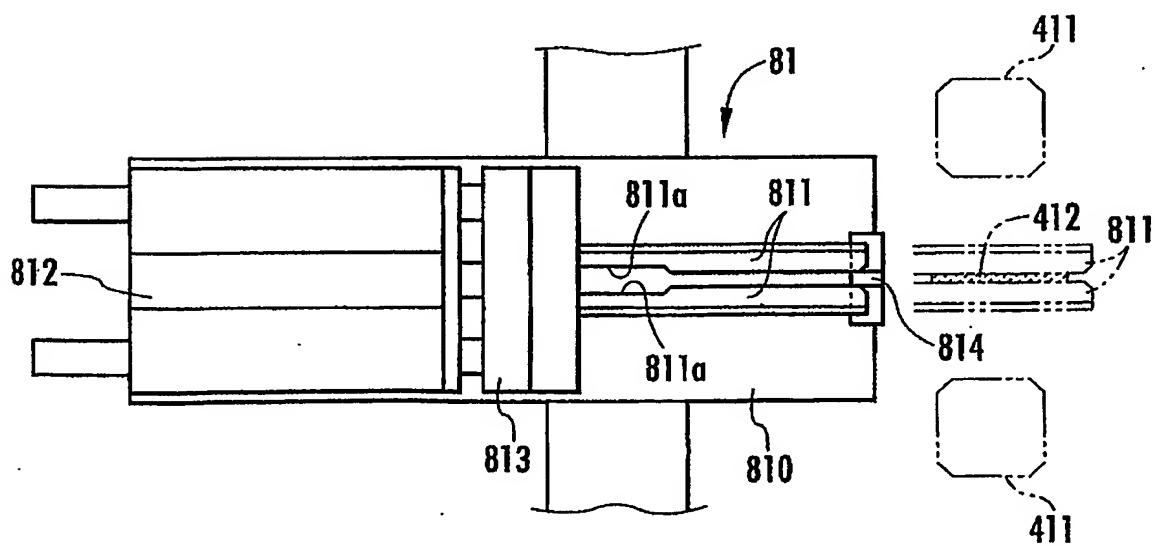


図 9



8/31

図 10

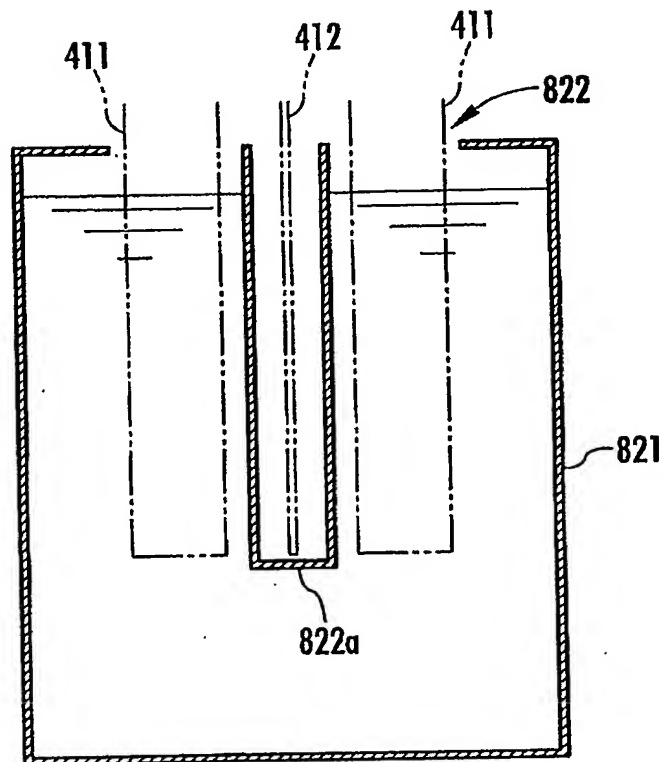
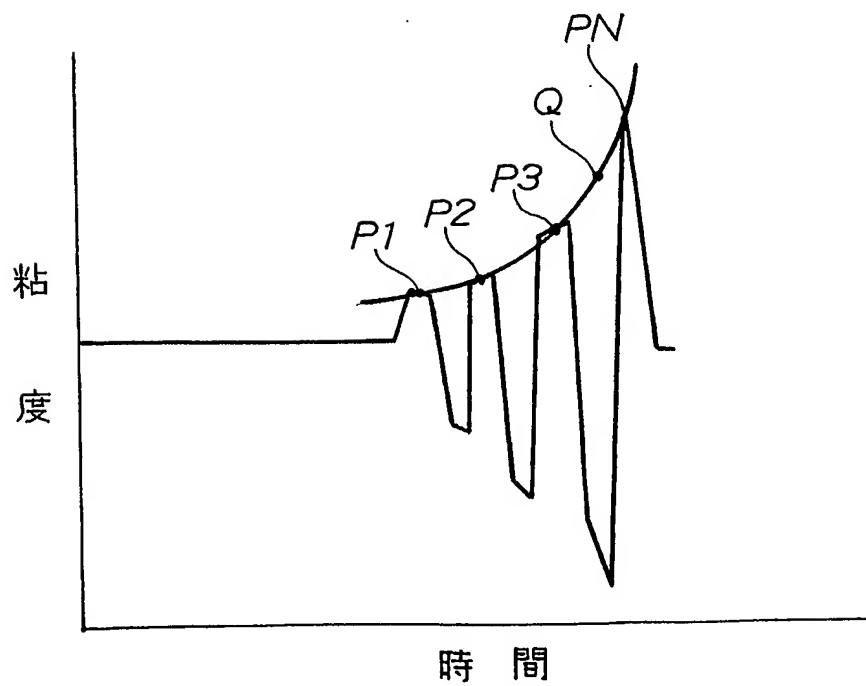


図 11



9/31

図 12

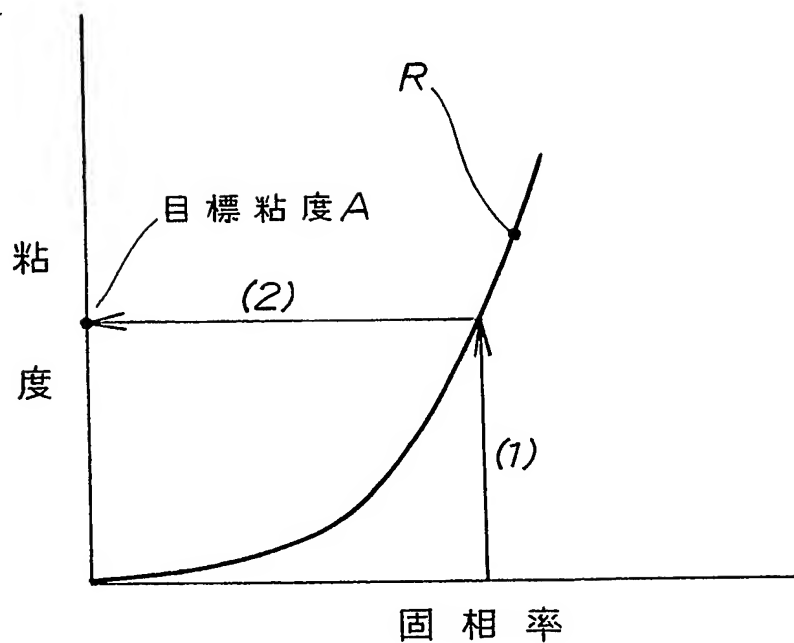
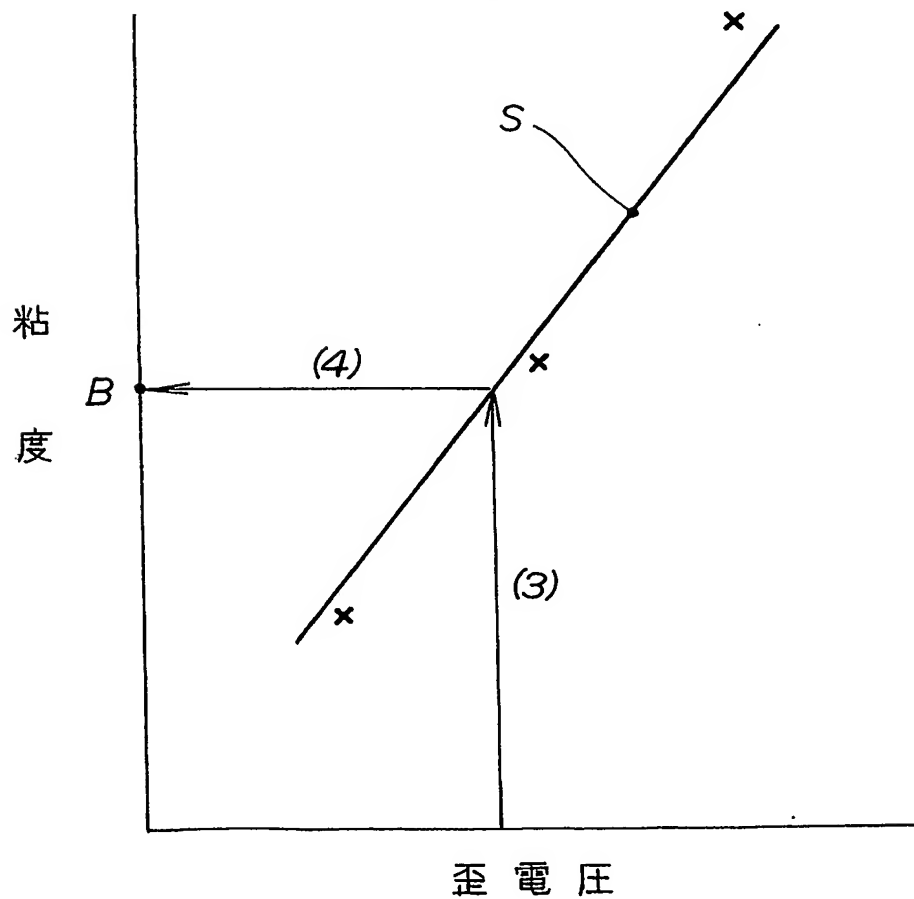


図 13



10/31

図 14

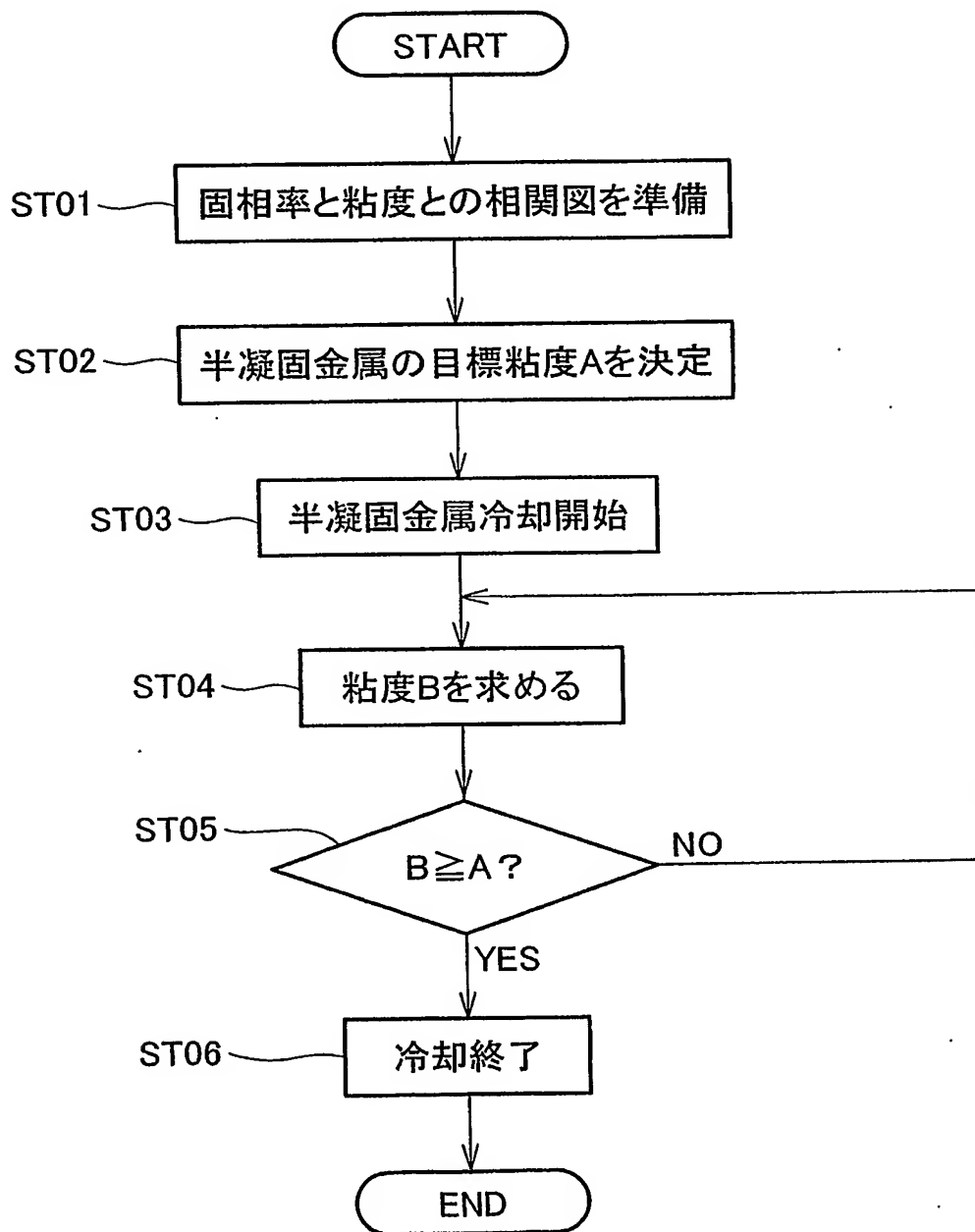
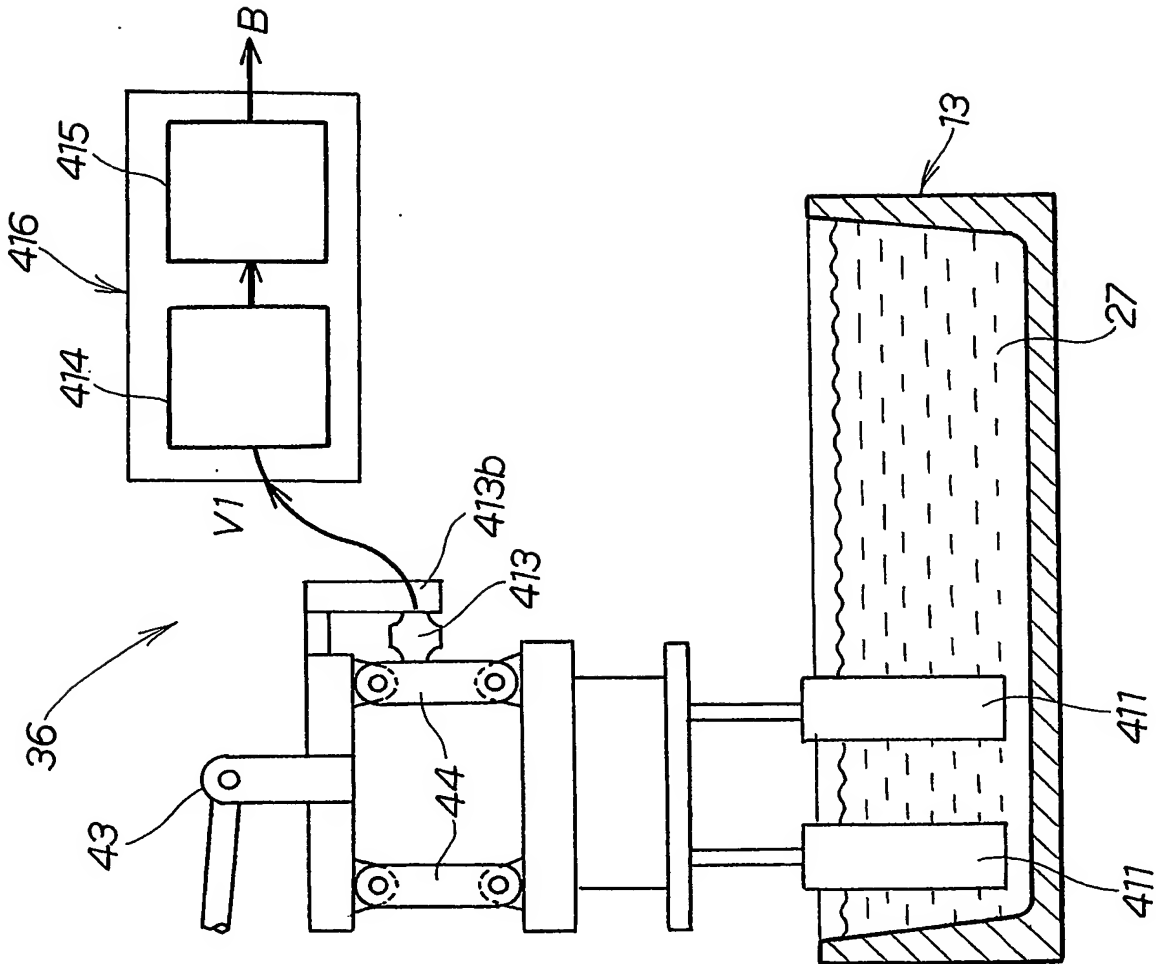
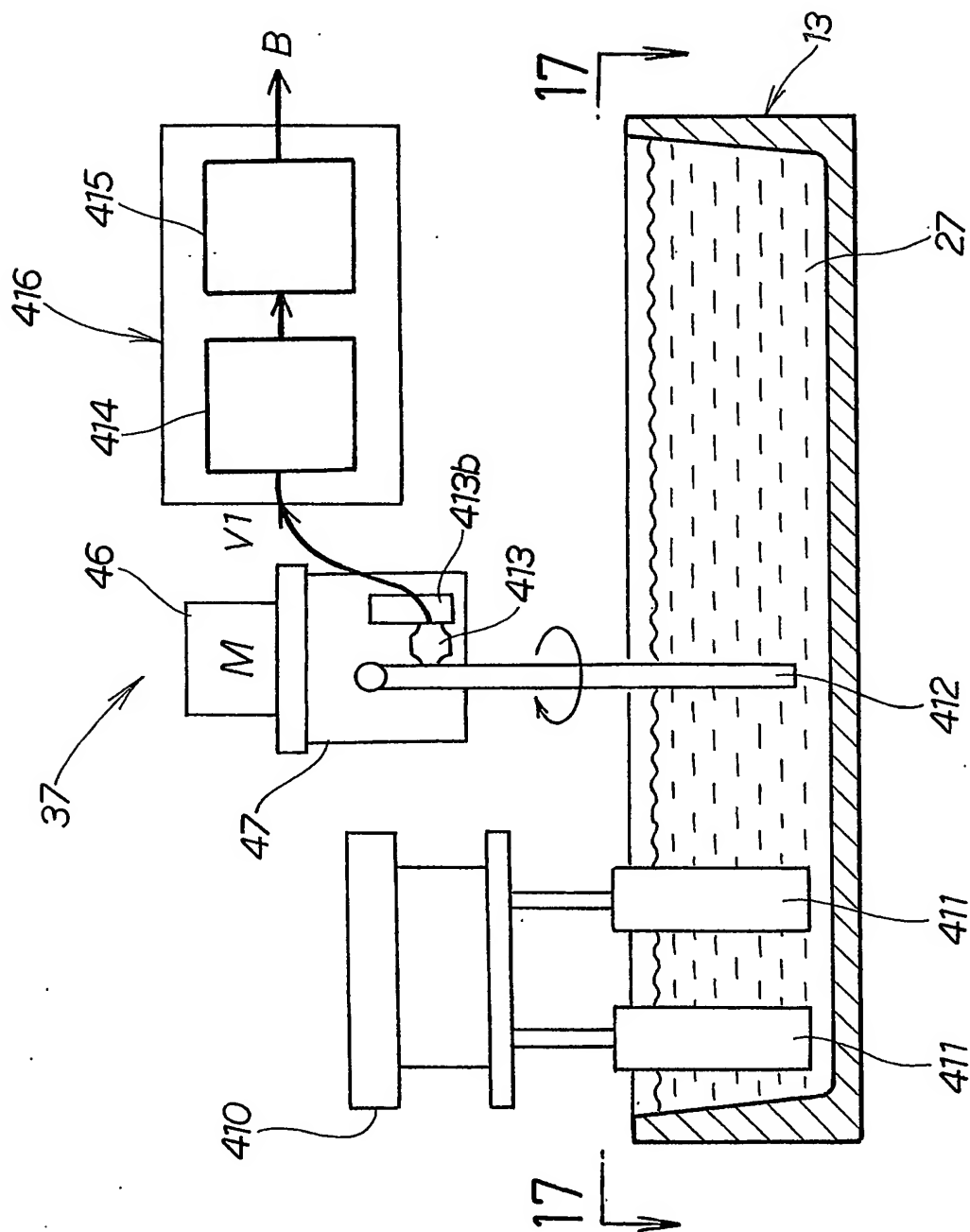


図 15



16 図



13/31

図 17

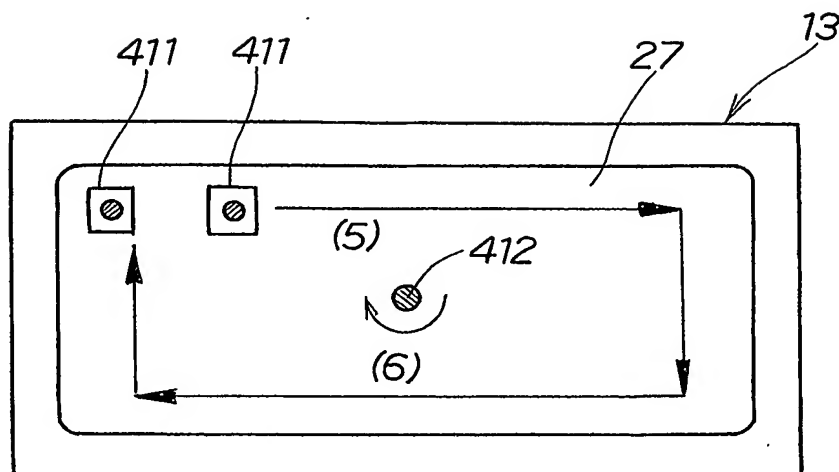
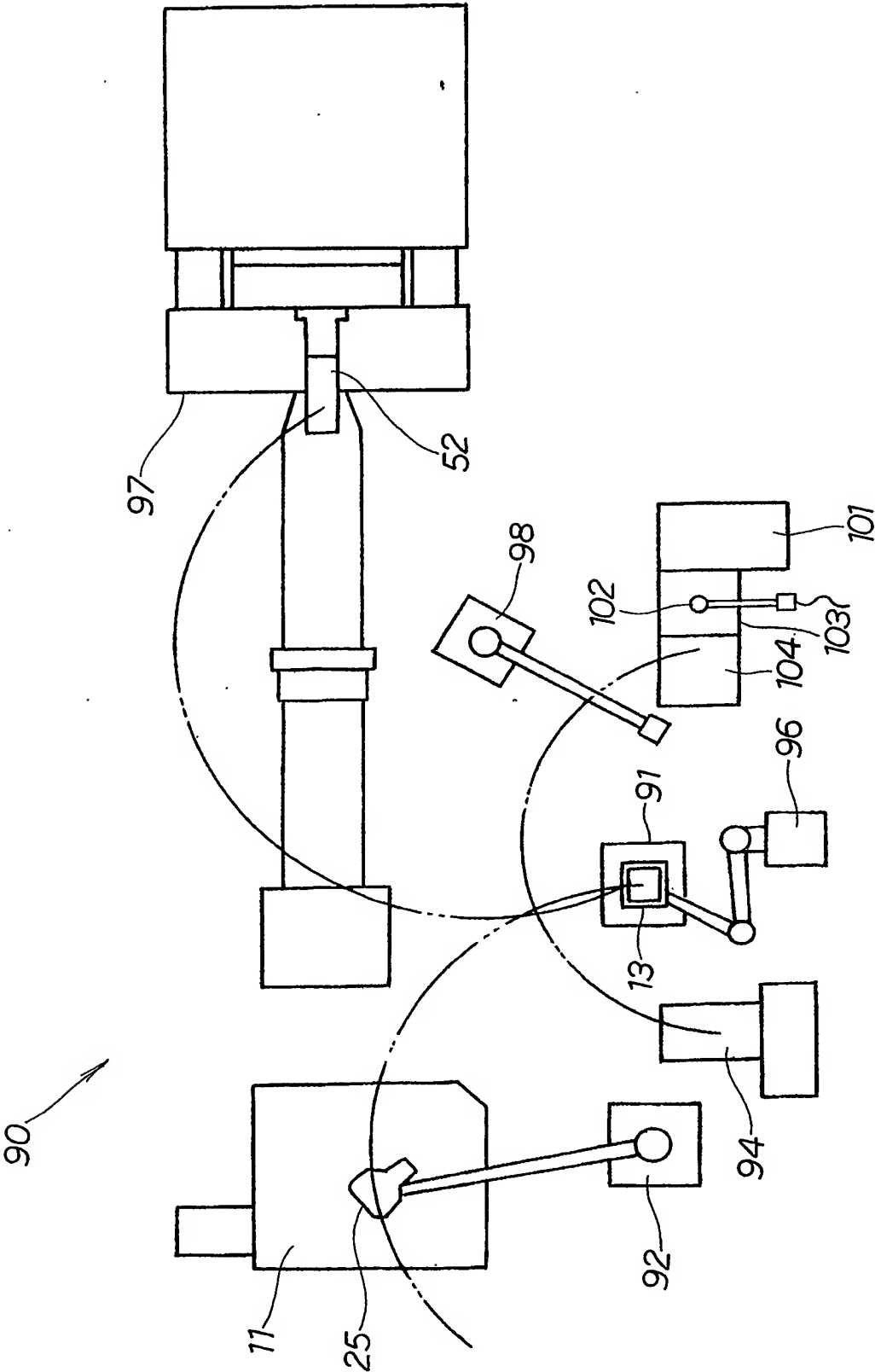


図 18



15/31

図 19

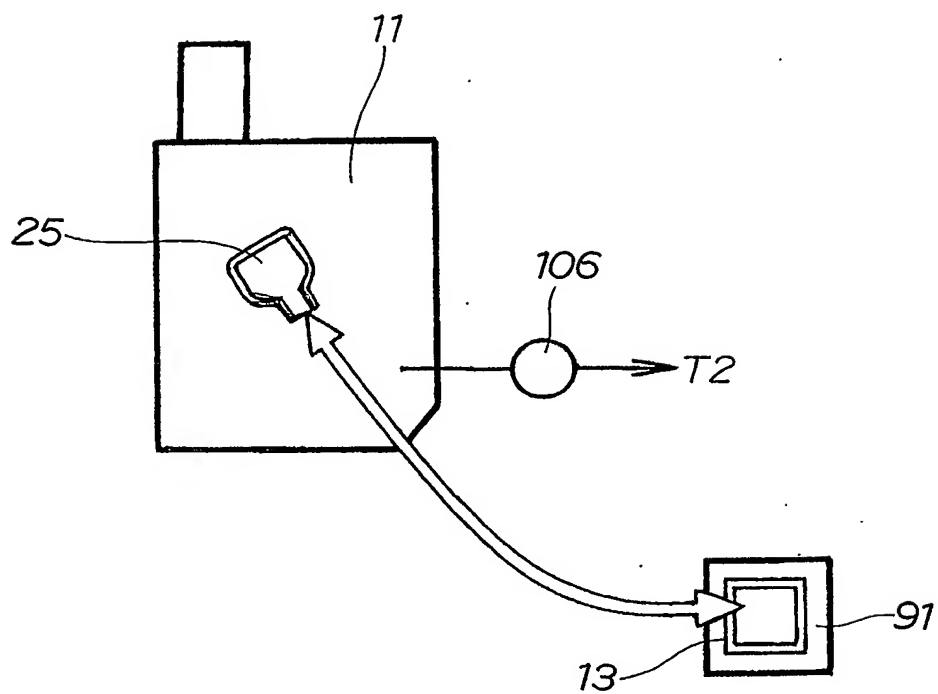


図 20

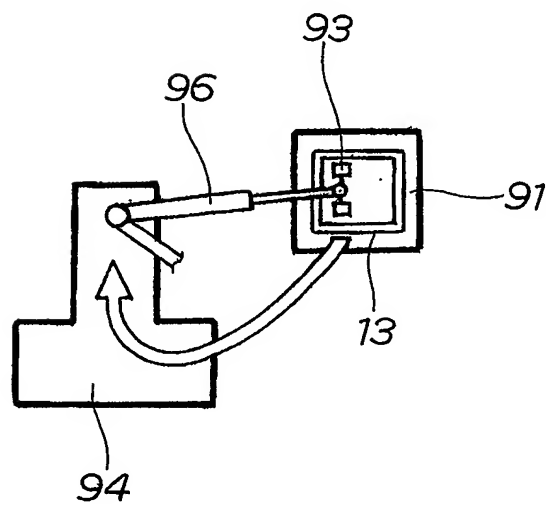


図 21

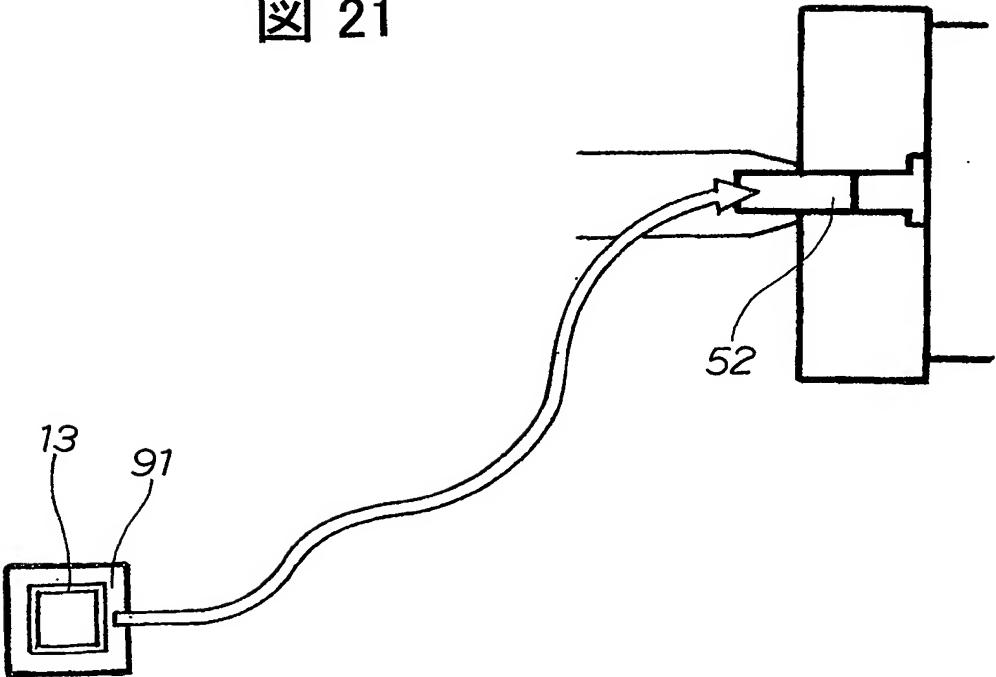
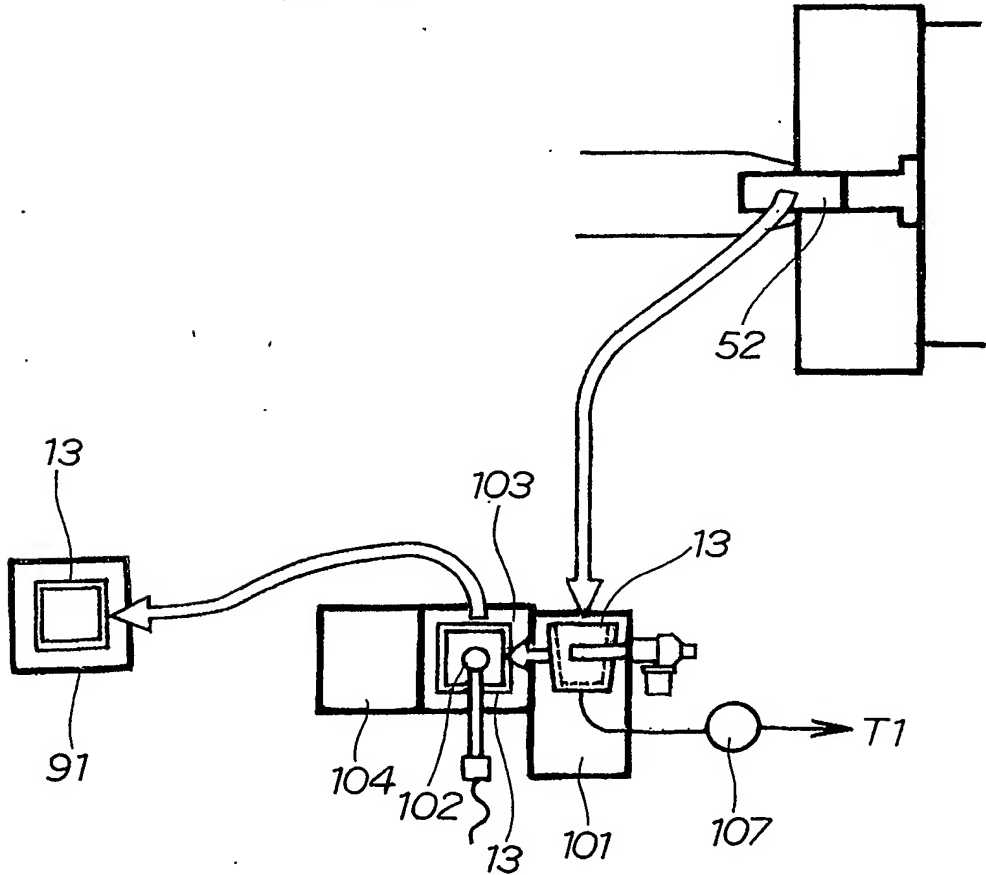
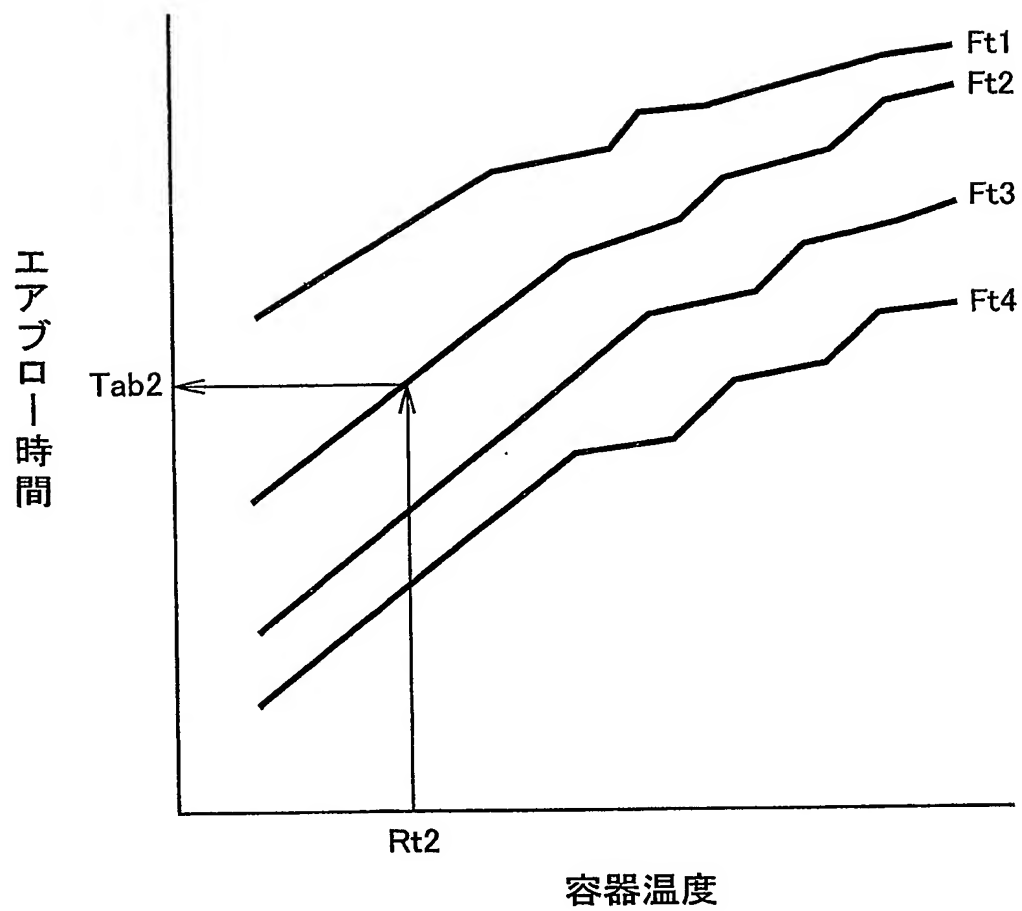


図 22



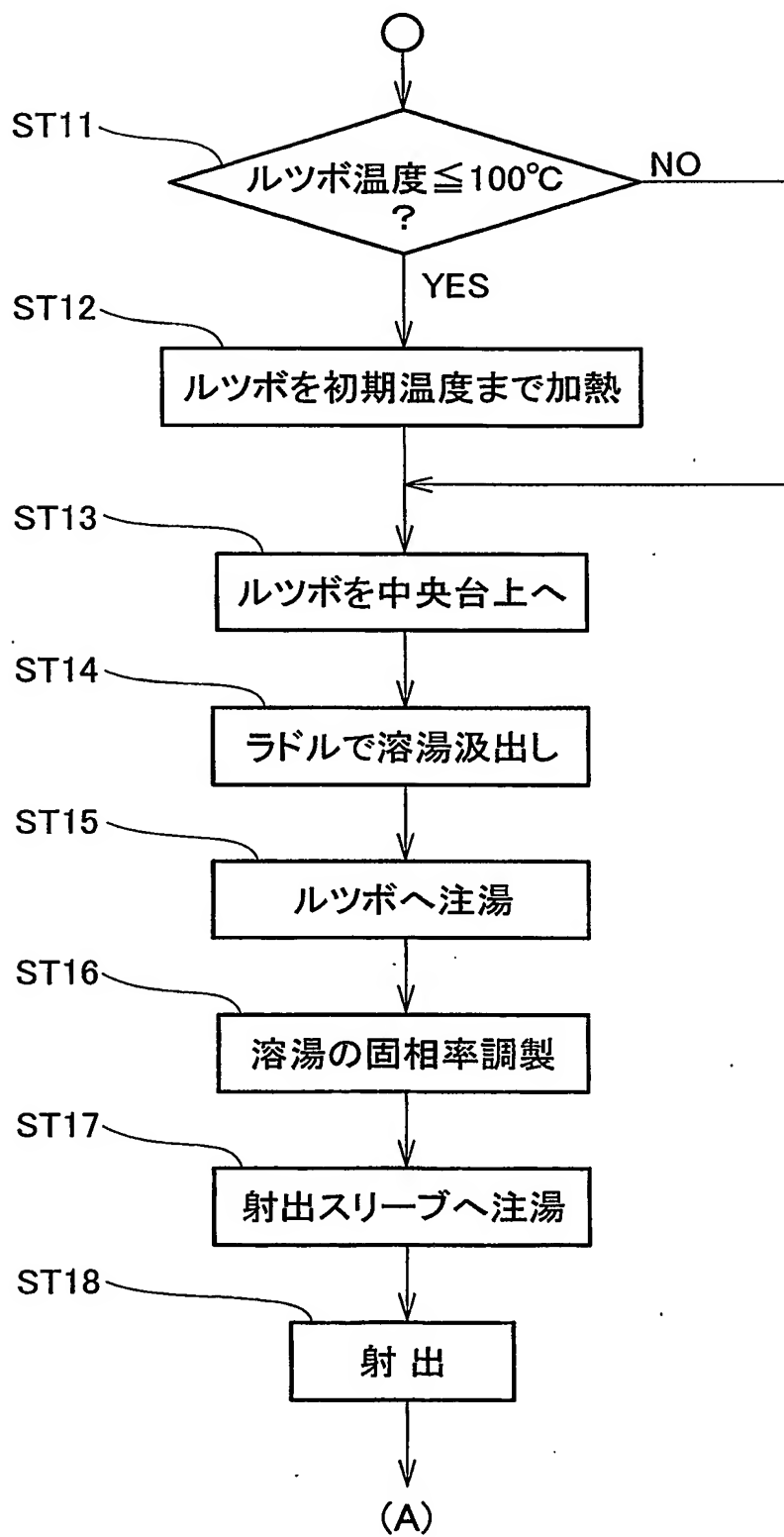
17/31

図 23



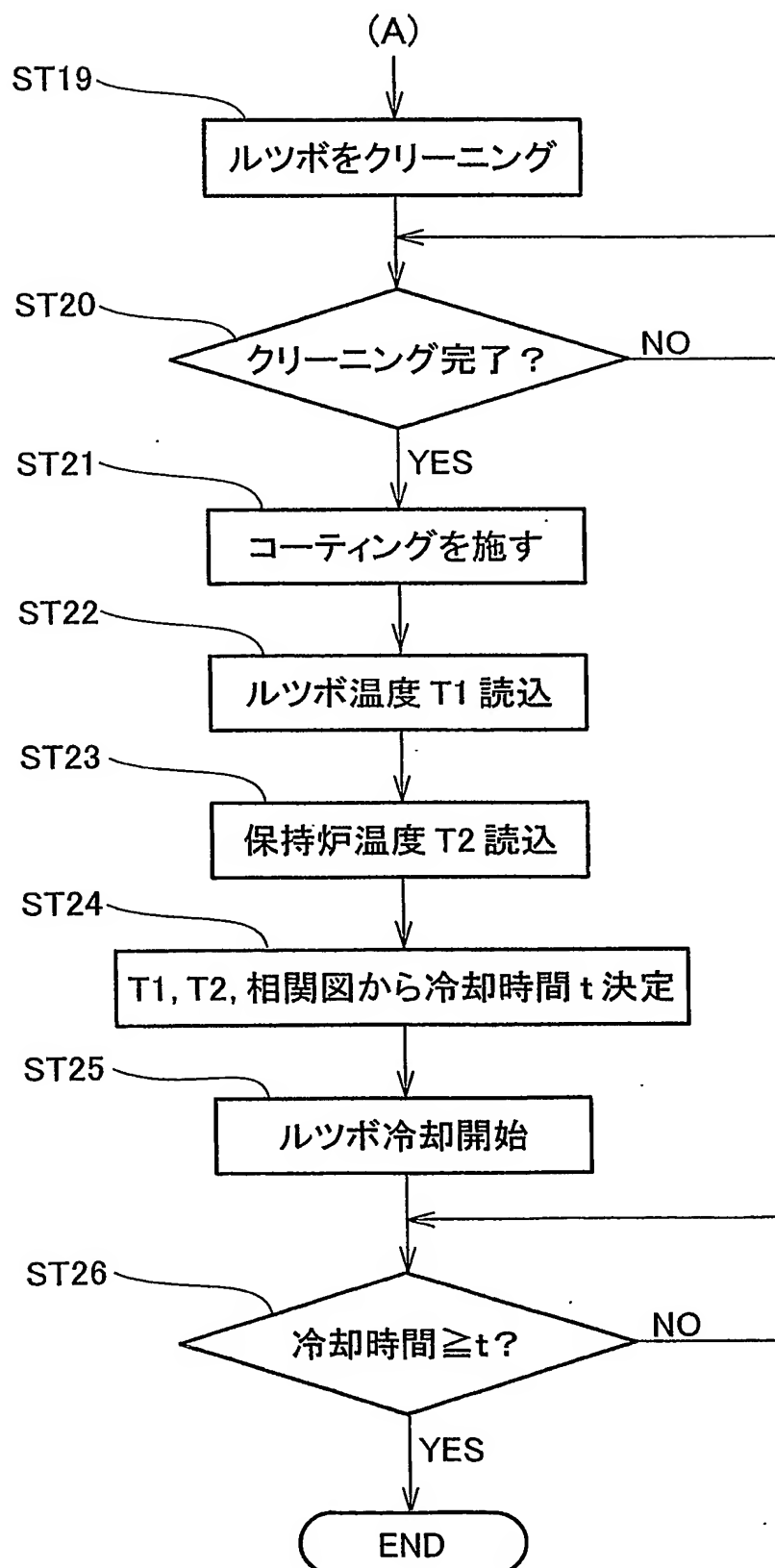
18/31

図 24



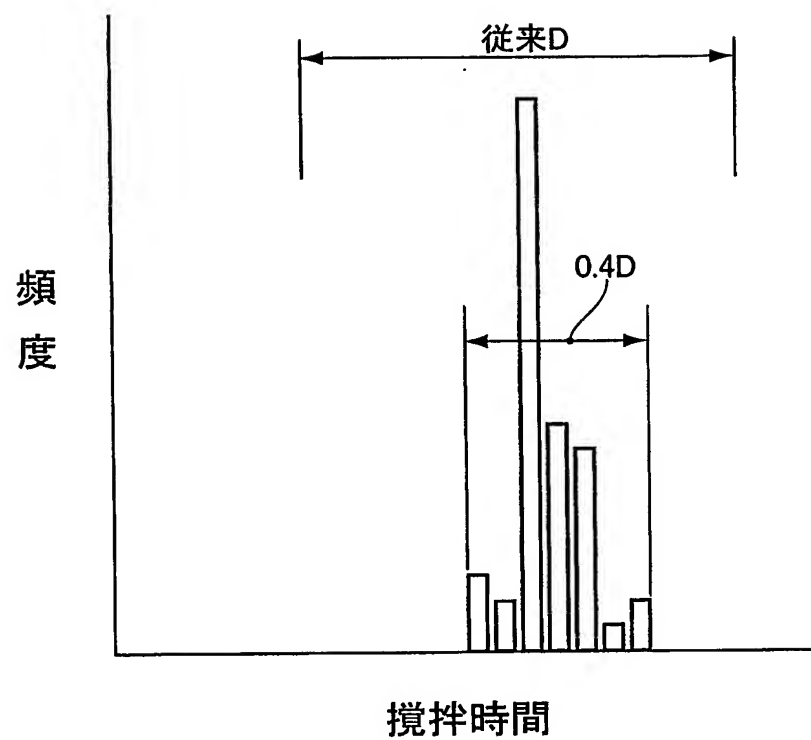
19/31

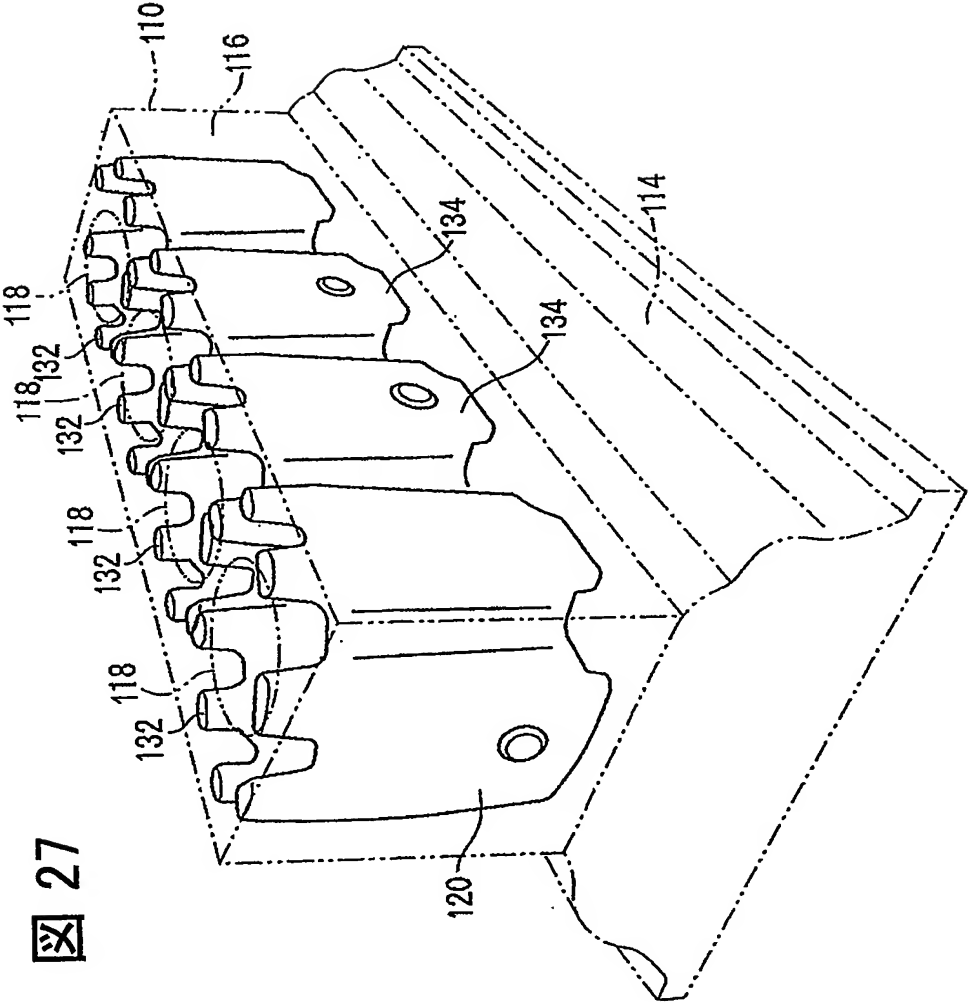
図 25



20/31

図 26





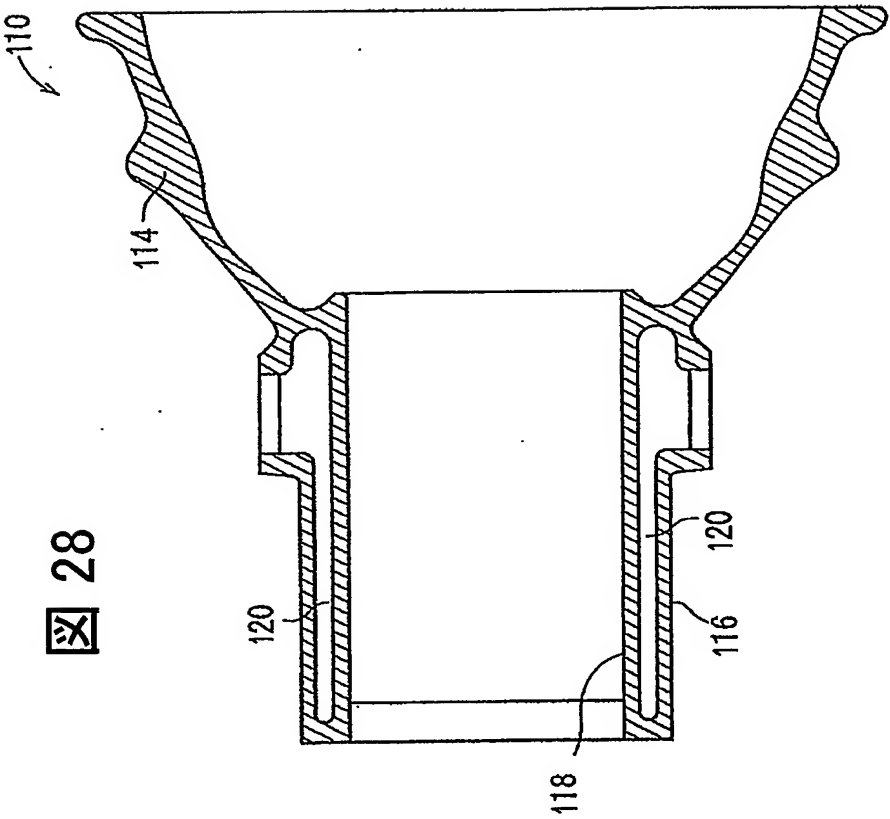
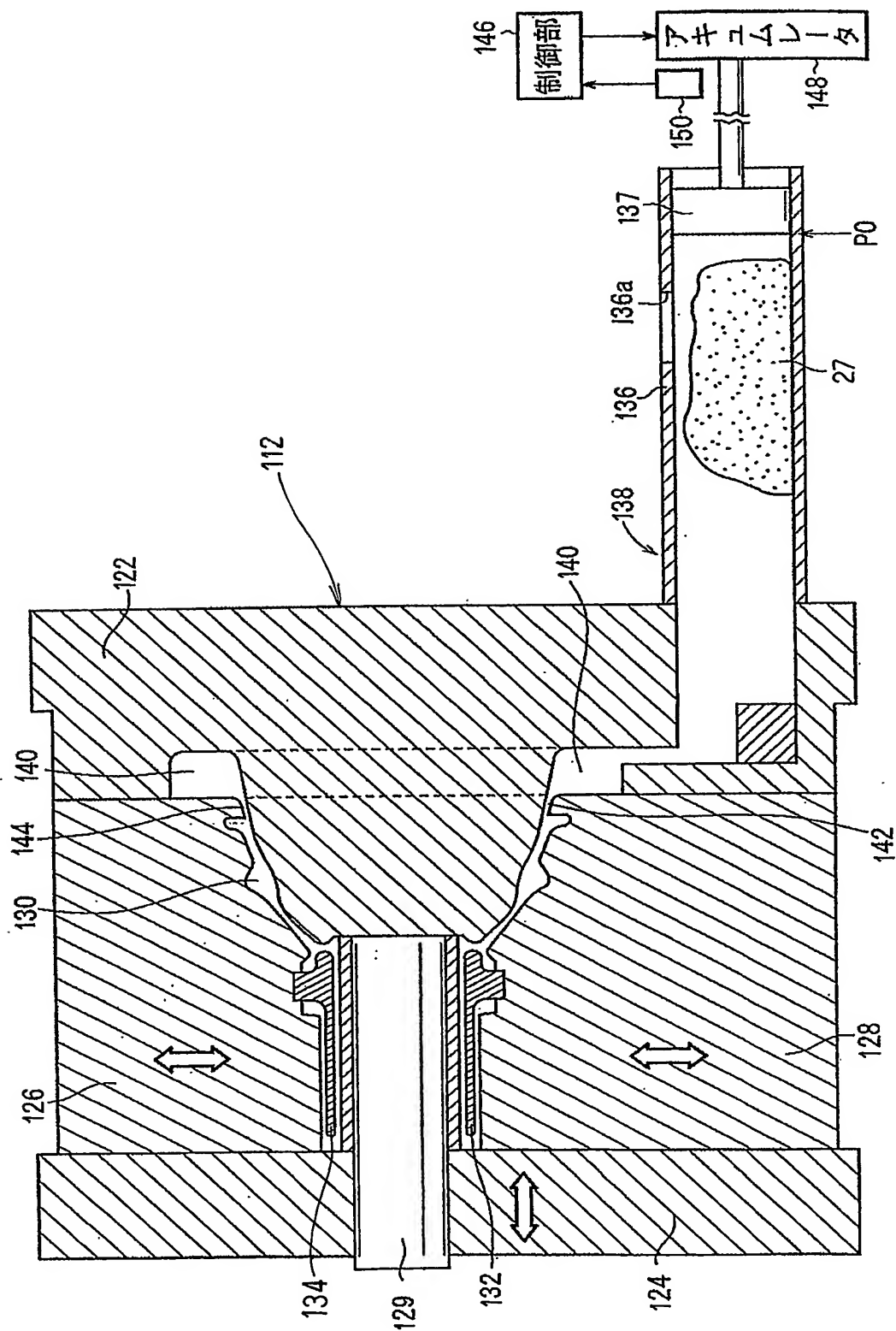


図 28

図 29



24/31

図 30

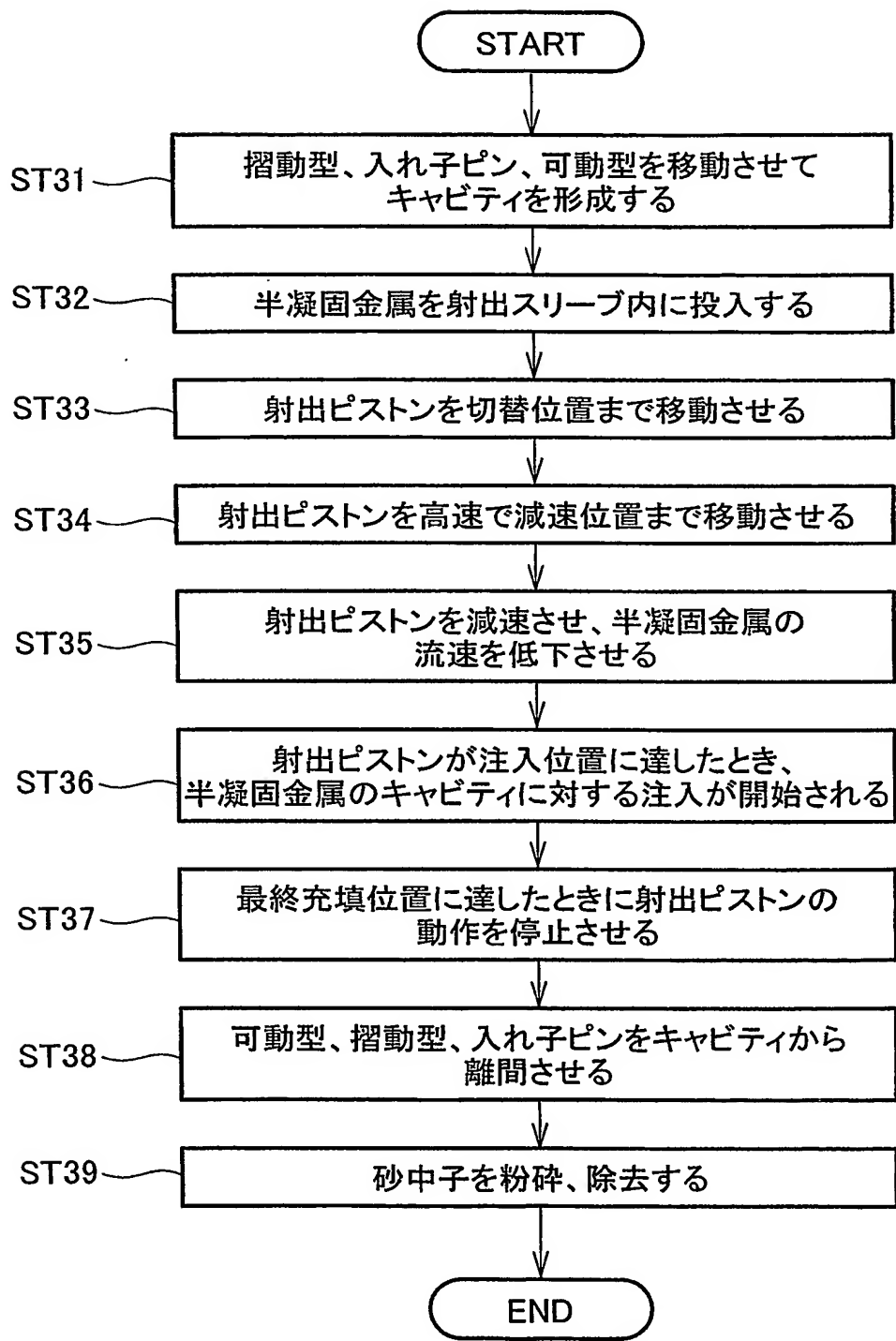


図 31

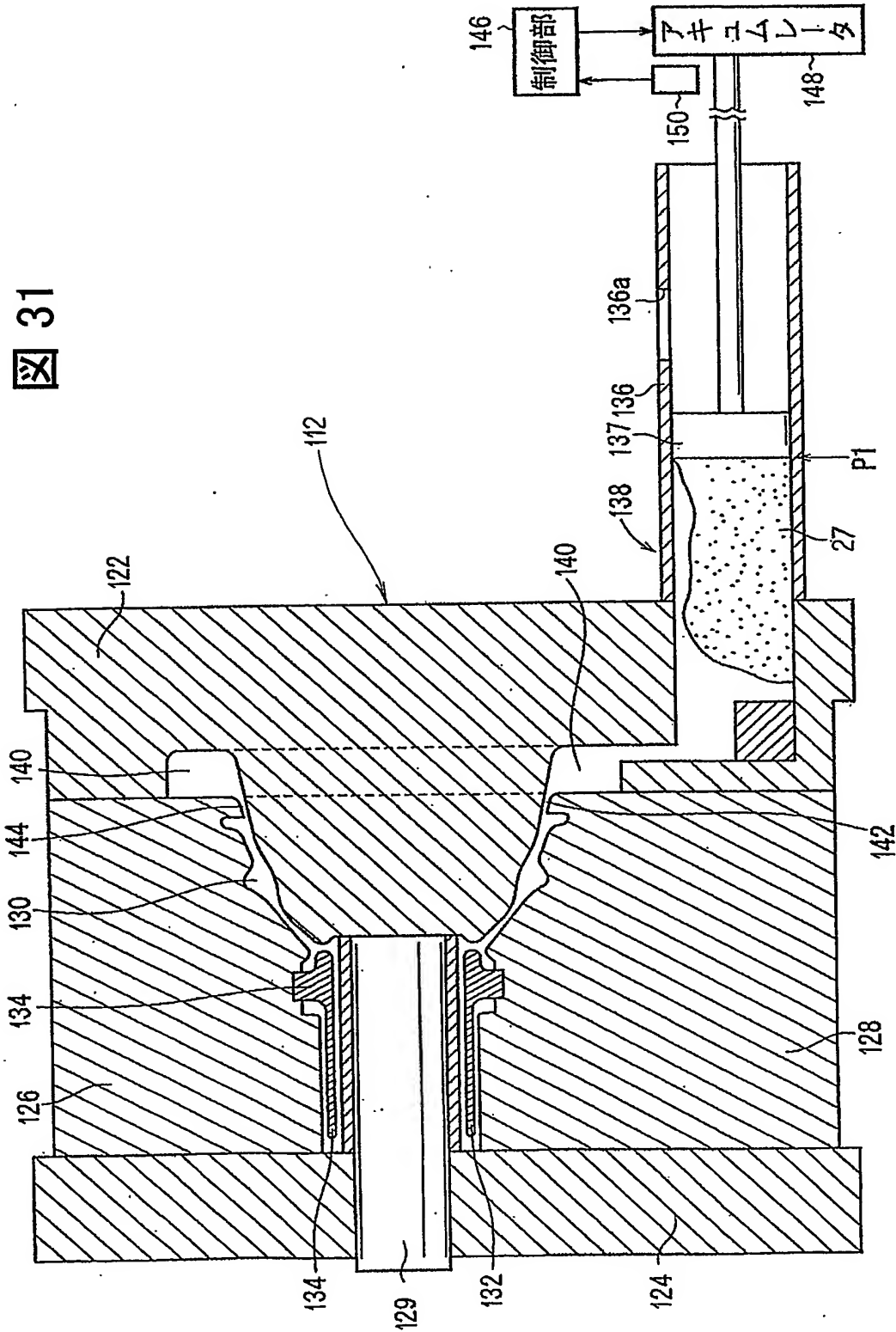


図 32

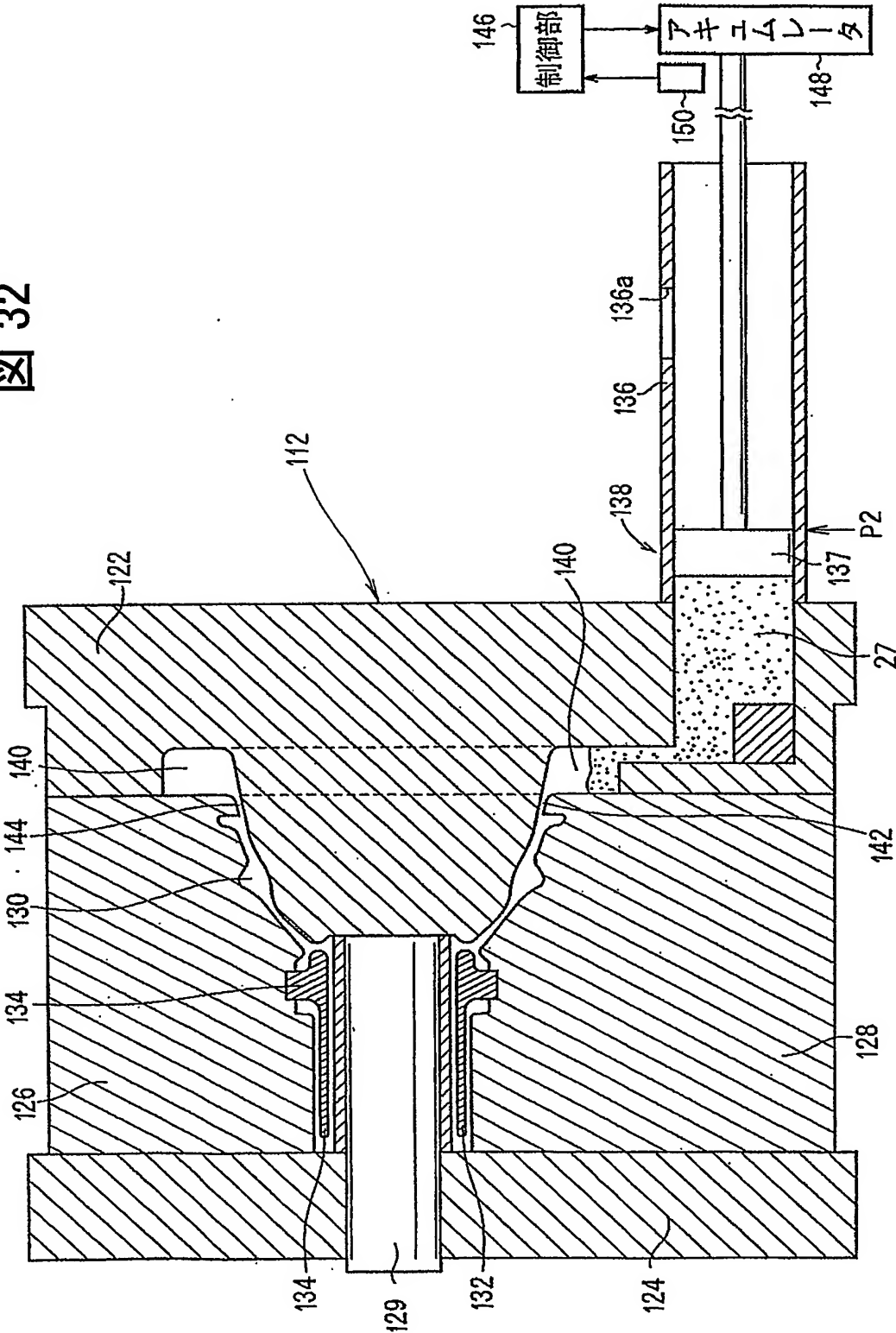


図 33

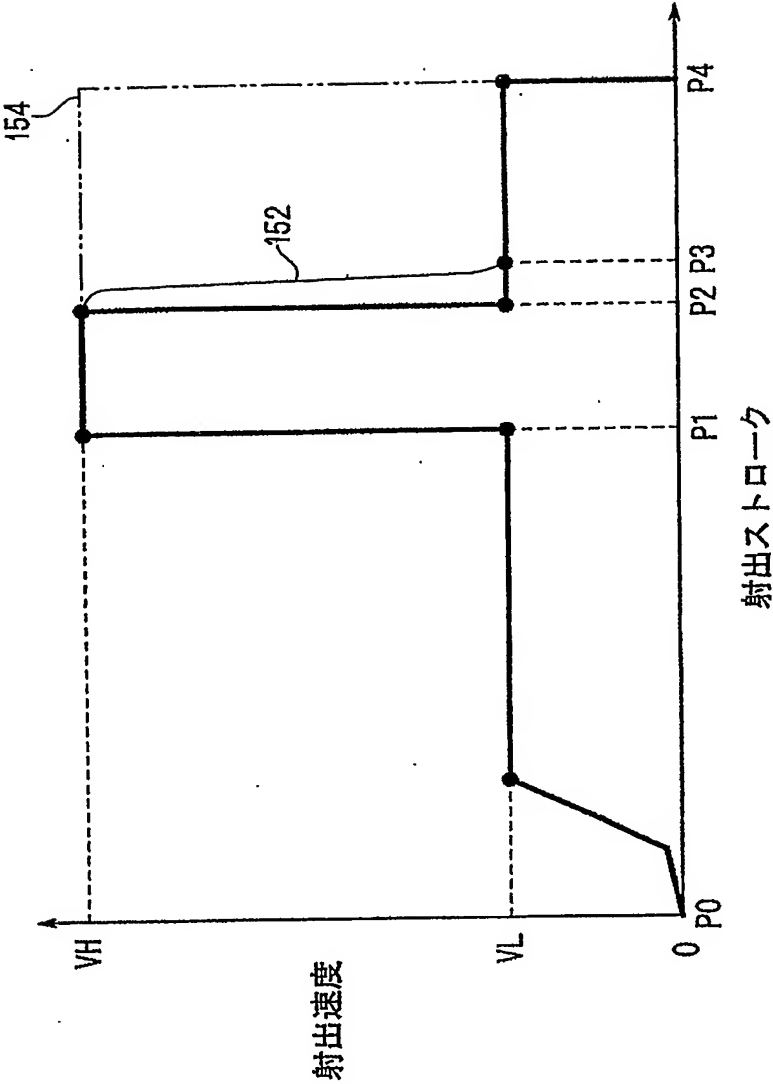
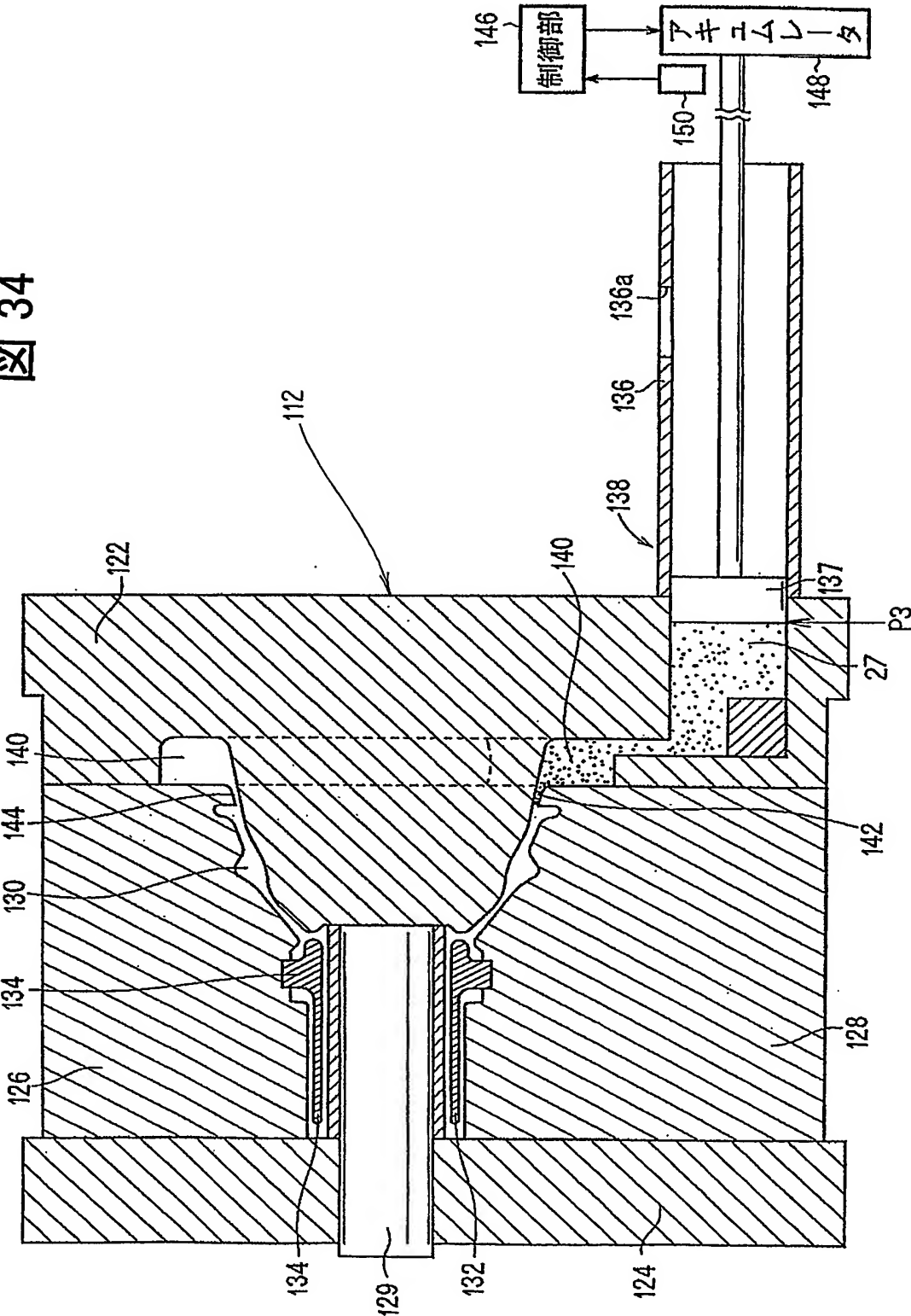
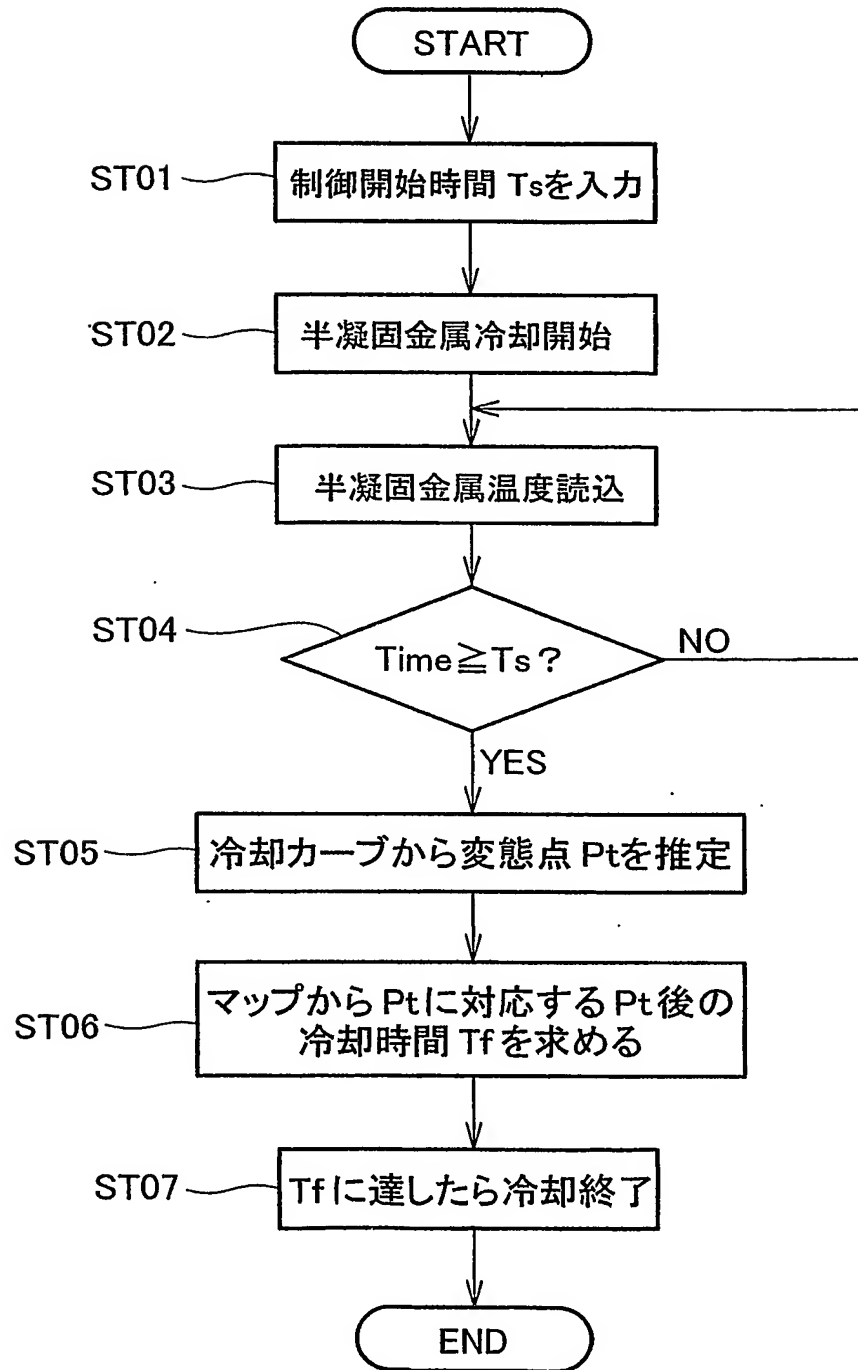


図 34



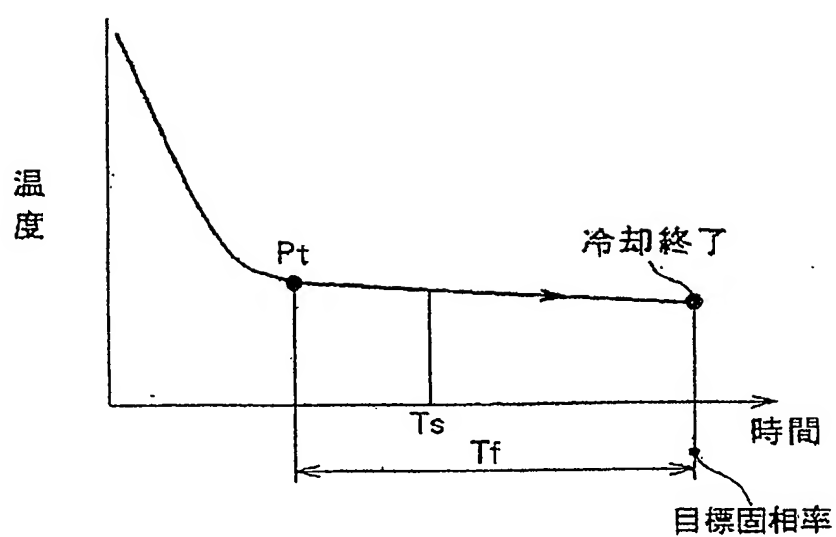
29/31

図 35
(先行技術)



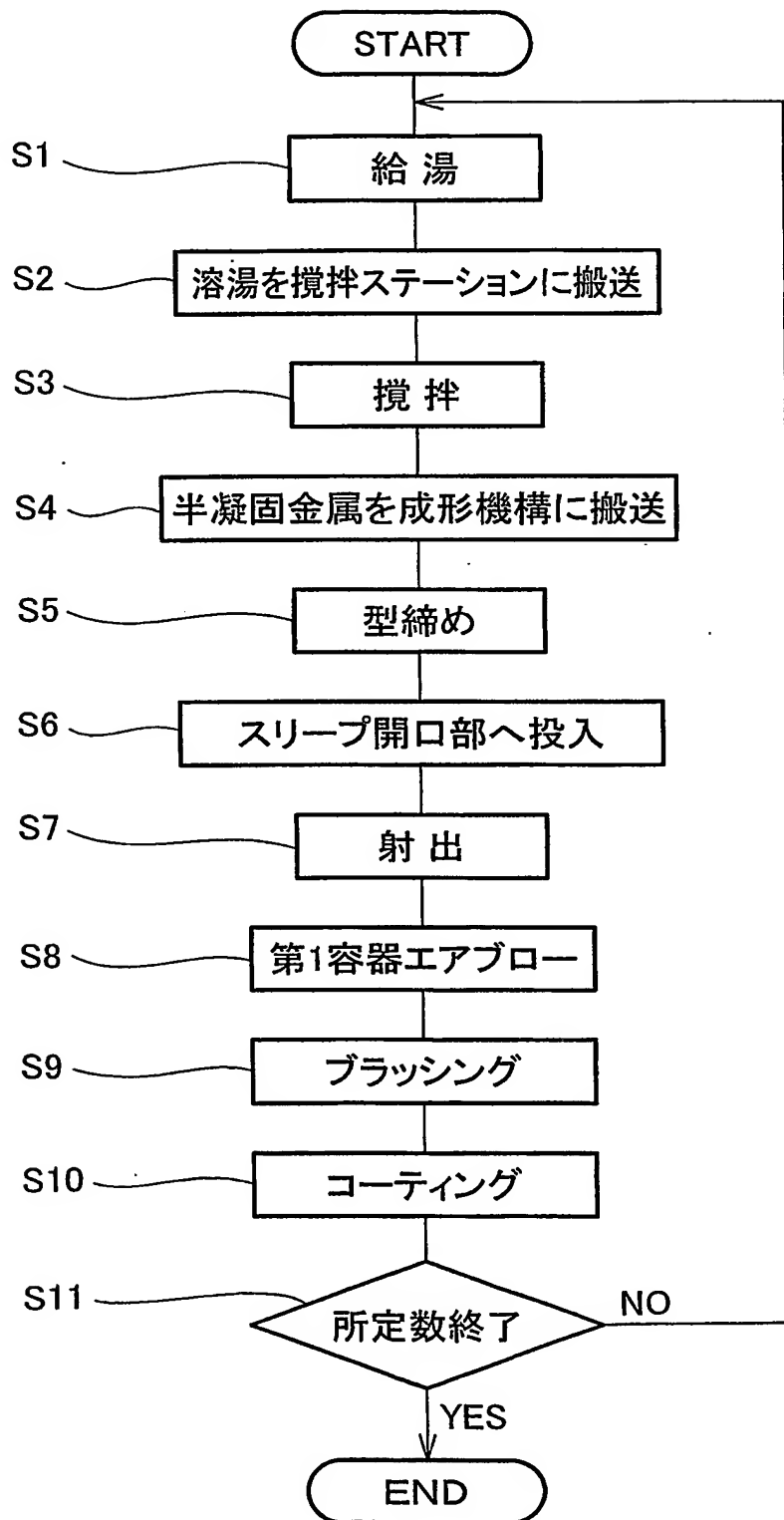
30/31

図 36
(先行技術)



31/31

図 37
(先行技術)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009507

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ B22D17/32, 17/00, 1/00, 2/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ B22D17/32, 17/00, 1/00, 2/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 04-124233 A (Rheo-Technology Ltd.), 24 April, 1992 (24.04.92), Claims; page 2, upper left column, line 17 to page 3, upper left column, line 5; Fig. 1 & EP 0476843 A1 & US 5144998 A	1, 2
X	JP 10-211565 A (Ube Industries, Ltd.), 11 August, 1998 (11.08.98), Claims 12 to 14; Par. No. [0051]; Fig. 2 & WO 98/23403 A1 & US 6165411 A	3, 4, 7
X	JP 63-256257 A (Ube Industries, Ltd.), 24 October, 1988 (24.10.88), Page 4, lower left column, line 13 to lower right column, line 8; Fig. 3 (Family: none)	8-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 October, 2004 (04.10.04)

Date of mailing of the international search report
19 October, 2004 (19.10.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009507

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-336946 A (Honda Motor Co., Ltd.), 26 November, 2002 (26.11.02), Claim 3; Par. Nos. [0050] to [0057] (Family: none)	5, 6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B22D17/32, 17/00, 1/00, 2/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B22D17/32, 17/00, 1/00, 2/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 04-124233 A(株式会社レオテック) 1992. 04. 24 特許請求の範囲、第2頁左上欄第17行~第3頁左上欄第5行、第1図 & EP 0476843 A1 & US 5144998 A	1, 2
X	JP 10-211565 A(宇部興産株式会社) 1998. 08. 11 【請求項12】~【請求項14】、【0051】、【図2】 & WO 98/23403 A1 & US 6165411 A	3, 4, 7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04. 10. 2004

国際調査報告の発送日

19.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大畑 通隆

4E

3232

電話番号 03-3581-1101 内線 3423

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 63-256257 A(宇部興産株式会社) 1988. 10. 24 第4頁左下欄第13行～同頁右下欄第8行、第3図 (ファミリーなし)	8-10
A	JP 2002-336946 A(本田技研工業株式会社) 2002. 11. 26 【請求項3】、【0050】～【0057】 (ファミリーなし)	5, 6